Die

Schule der Baukunst.

Die

Schule der Baukunst.

Ein Handbuch

für Architekten, Bau- und Gewerbschulen, und zum Selbstunterricht

für

Bauhandwerker und Bauunternehmer.

II. Band.

In drei Abtheilungen.

Enthaltend:

1. Abtheilung. Die Schule des Zimmermanns. — **2. Abtheilung.** Die Schule des Maurers.
3. Abtheilung. Die Schule des Steinmetzen.

Mit vielen in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig,

Verlag von Otto Spamer.

1857.

Die

Schule des Steinmetzen.

Ein praktisches Hand- und Hülfsbuch

für

Architekten und Bauhandwerker, sowie für Bau- und Gewerbschulen.

Bearbeitet

von

B. Harres,

Lehrer der Architektur an der höheren Gewerbschule in Darmstadt.

Mit **280** Abbildungen, nach Zeichnungen des Verfassers in Holz geschnitten von **Wolfgang Pfnor**.

Leipzig,

Verlag von Otto Spamer.

1857.

Vorwort.

Indem ich die „Schule des Steinmetzen", welche dem vorgeschriebenen beschränkten Umfange eines Hand- und Hülfsbuches für den Praktiker entsprechend bearbeitet werden mußte, demnach nicht als ein vollständiges Lehrbuch des Steinschnitts an's Licht zu treten ein Anrecht hat, vielmehr nur als ein brauchbarer und nützlicher Führer auf dem Werkplatze und für den angehenden Techniker gelten will, hiermit der nachsichtigen Beurtheilung bewährter Fachmänner empfehle, übergebe ich das Werkchen dem praktischen Steinmetzen mit dem Wunsche, daß er darin das Bestreben des Verfassers erkennen möge, ihm durch faßliche Darstellung einer Auswahl derjenigen Steinconstructionen, welche die wesentlichsten Bestandtheile der Kunst des Steinmetzen ausmachen, nach Kräften zu nützen.

Die Auswahl der gegebenen Beispiele mußte eine beschränkte, wird aber wohl ausreichend sein, den aufmerksamen Leser in den Stand zu setzen, die Musterrisse von Constructionen, welche hier nicht angeführt sind, selbstständig zu entwerfen und die zur Ausführung derselben erforderlichen Schablonen herauszutragen.

Mit unsrer „Schule des Steinmetzen" sollte nach dem früheren Prospectus der zweite (praktische) Theil der Schule der Baukunst

abgeschlossen sein. Es hat sich aber die Nothwendigkeit ergeben, die „Schule des Zimmermanns", welche nur die beim Hochbau vorkommenden Arbeiten und Constructionen umfaßt, durch einen zweiten Theil zu vervollständigen, welcher die Arbeiten und Constructionen des Zimmermanns beim Brücken- und Wasserbau zum Gegenstande hat.

Dieser zweite Theil der „Schule des Zimmermanns" wird wohl zu Ostern 1858 zur Versendung gelangen.

Darmstadt, im April 1857.

Der Verfasser.

Inhalt.

Erster Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Vierter Abschnitt.

Fünfter Abschnitt.

Sechster Abschnitt.

Siebenter Abschnitt.

Achter Abschnitt.

Neunter Abschnitt.

Zehnter Abschnitt.

Elfter Abschnitt.

Zwölfter Abschnitt.

Dreizehnter Abschnitt.

Erster Abschnitt.

Von den Hausteinen.

Alle natürlichen Steine, welchen durch kunstmäßige Bearbeitung die ihnen als Bestandtheil eines Bauwerkes entsprechende Gestalt gegeben wird, werden **Hausteine** genannt. Zur Unterscheidung werden große Steinblöcke als **Werkstücke** und Steine zur Ausführung von Hausteinmauern als **Quader** bezeichnet. Hausteine werden beim Hochbaue in der Regel nur zu Mauern, Gewölben oder Stützen, welche beträchtliche Lasten zu tragen bestimmt sind, oder als vortretende Mauerbestandtheile, welche zum Schutze gegen das Eindringen der Nässe dienen, verwendet; beim Wasser- und Brückenbau dagegen, bilden sie immer die wichtigsten Constructionstheile von schwerbelasteten und der Erschütterung ausgesetzten Werken.

Festigkeit der Hausteine. Vielfach angestellte Versuche haben gelehrt, daß die meisten Steine schon durch die Hälfte derjenigen Belastung, durch welche sie zerdrückt werden, Risse bekommen. Hiernach wird in der Praxis bei der Wahl der Hausteine die Regel beobachtet, daß man die Steine nur mit dem dritten Theil derjenigen Last beschwert, unter welcher sie erfahrungsgemäß zerdrückt würden. Bei wichtigen, zumal der Erschütterung ausgesetzten Constructionen gebietet die Vorsicht, die Steine nur bis zum zehnten Theil ihrer rückwirkenden Festigkeit zu belasten. Die rückwirkende Festigkeit der Steine, worunter man deren Widerstand gegen das Zerdrücken versteht, wird im Allgemeinen um so größer sein, je gleichförmiger die Gemengtheile gemischter Steinarten unter sich sind, je näher sie zusammen liegen und je unveränderlicher der Kitt ist, welcher die Gemengtheile verbindet. Von wesentlichem Einfluß ist dabei das Gefüge der Steine. Ein harter Stein mit unregelmäßigem, muschlichem Gefüge kann eine geringere rückwirkende Festigkeit haben als ein Stein von geringerer Härte, aber regelmäßigem, ebenem Gefüge. Es geht dieß schon daraus hervor, daß nicht immer die schwersten Steine auch die stärksten sind, sondern bei gleicher oder geringerer Schwere diejenigen Steine die größte Last zu tragen

im Stande sind, welche das feinste Korn, das dichteste ebene Gefüge und bei gleicher Art die dunkelste Färbung haben. Bei Steinen von gleicher Qualität nimmt die Festigkeit zu, je größer ihre specifische Schwere ist.

Von angestellten Erfahrungsresultaten Rondelet's zur Vergleichung des Widerstandes, welchen Hausteine beim Zerdrücken äußern, geben wir nachfolgende Tabelle:

Nr.	Namen der Steinarten.	Gewicht eines Cubikfußes in Pfunden.	Gewicht in Pfunden, um einen Würfel von 4 □ Zoll Seitenfläche zu zerdrücken.
1.	Porphyr	195 Pfund	119,808 Pfund.
2.	Basalt	214 "	114,508 "
3.	Weißer Sandstein . . .	173 "	56,129 "
4.	Rother sehr harter Sandstein	176 "	49,445 "
5.	Schwarzer Marmor . . .	190 "	47,232 "
6.	Grauer Granit	191 "	39,168 "
7.	Grüner Granit	199 "	37,044 "
8.	Weißer Marmor	188 "	19,584 "

Andere Versuche mit Steinstücken verschiedener Größe ergaben, daß nachbenannte Hausteine auf den Quadratzoll Grundfläche von den nachbenannten Gewichten zerdrückt wurden:

1.	Prophyr bei einer Last von .	26,261	Berliner	Pfunden.
2.	Basalt	22,638	"	"
3.	Weißer Kieselsandstein . . .	11,398	"	"
4.	Grobkörniger Granit . . .	9,224	"	"
5.	Schwarzer Marmor	7,824	"	"
6.	Fester rother Sandstein . . .	6,841	"	"
7.	Blättriger Kalkstein	5,500	"	"
8.	Weißer Marmor	3,906	"	"
9.	Rother weniger fester Sandstein	2,631	"	"
10.	Gelber Sandstein	2,125	"	"

Wetterbeständigkeit der Hausteine. Steine können eine große Festigkeit haben, gleichwohl aber der Wirkung, welche die trennende Gewalt des Frostes auf dieselben ausübt, nicht widerstehen. In älteren Steinbrüchen läßt sich die Wetterbeständigkeit der Steine mit einiger Sicherheit an den Bruchflächen der Felsen erkennen. Bei wetterbeständigen Steinen bleiben die Bruchflächen blosgelegter Felsen zu jeder Zeit scharfkantig; bei Steinen aber, welche dem Froste nicht wiederstehen, erscheinen die Bruchflächen abgerundet, und es ist das Verwittern von Felsen, welche schon Jahre lang blosgelegt sind, sehr deutlich an den abgerundeten, bröcklichen oder schieferigen Bruchflächen und an dem zwi-

schen den Klüften befindlichen Sande zu erkennen. Thonhaltige Steine, welche viel Nässe einsaugen und dieselbe hartnäckig zurückhalten, werden, bei sonst guter Beschaffenheit, zu den wetterbeständigen nicht gerechnet werden können, ebenso wenig Steine mit außen erkennbarem blättrigem Gefüge. Steine mit Ritzen und Lebern im Innern, werden bei eindringender Nässe vom Froste gesprengt, andere mit thon- oder glimmerhaltigen Lagern, spalten vom Froste in den Lagern auf. Da nun innere Zerklüftungen und Lebern, welche bei den festesten Steinen vorkommen können, außen nicht sichtbar sind, und sehr häufig auch, selbst bei der Bearbeitung, vorkommende Thon- oder Glimmerlager nicht entdeckt werden; so bleibt das Verfahren nach der aufgestellten Regel alter Praktiker, die Hausteine in Bezug auf ihre Wetterbeständigkeit dadurch zu prüfen, daß man sie mindestens einen Winter hindurch der Wirkung des Frostes aussetzt, und daß man bei Steinen aus neuen Brüchen die Wirkung mehrerer Winter abwarten soll, ehe man sie zum Bauen verwendet, immerhin das zuverlässigste. Die Wahrnehmung aber, daß Steine mehrere Jahre dem Froste widerstanden, später aber, in strengen Wintern, dennoch zerfroren; sowie die häufig eintretende Nothwendigkeit, selbst zu wichtigen Bauwerken frischgebrochene Steine sofort verwenden zu müssen, haben das Nachdenken wissenschaftlich gebildeter Techniker darauf hingelenkt, ein Mittel zu ersinnen, durch welches in wenigen Tagen erkannt werden könnte, ob ein Stein zerfrierbar wäre oder nicht. Der französische Mineraloge Brard hat diese für das Bauwesen so überaus wichtige Aufgabe auf eine anerkannt befriedigende Weise gelöst. In einem deßhalb erstatteten Berichte spricht sich Brard über die Resultate seiner Versuche in Nachfolgendem aus:

„Die zerfrierbaren oder eisklüftigen Steine zersetzen sich auf drei verschiedene Arten“: 1) In unregelmäßige, eckige Splitter. 2) In dünnere oder dickere Blättchen. 3) In gröbere oder feinere Körner.

„Die Steine, welche in unregelmäßige Splitter zerfrieren, sind gewöhnlich kalkhaltige, dichte Felssteine, auf deren Oberfläche man geradlinigte, äusterst feine Streifen von grauer oder gelber Farbe wahrnimmt, die sich nach allen Richtungen durchschneiden.

„Die zweite Art bemerkt man an thonhaltigen, spaltbaren Kalksteinen, an grobem Schiefer und an glimmerhaltigen Felssteinen.

„Endlich sind Steine, welche fein zerbröckeln, die gewöhnlichsten. Von dieser Art sind die grob- und feinkörnigen Kalksteine, manche Granitarten und besonders Sandsteine. Ich sage nicht, daß alle diese

Steinarten dem Zerfrieren unterworfen seien, sondern ich deute nur die Art und Weise an, wie sie vom Froste zerstört werden, wenn sie ihm nicht zu widerstehen vermögen.

„Die Kraft, welche den Zusammenhang zerfrierbarer Steine trennt, wenn man dieselben den Einwirkungen des Frostes und den in Europa so schnell aufeinander folgenden Abwechselungen der Witterung aussetzt, ist dieselbe Kraft oder dieselbe natürliche Ursache, welche die Bäume in unsren Forsten bersten macht, und welche die irdenen oder gläsernen Gefäße zersprengt, worin man Wasser gefrieren läßt.

„Dieß anerkannt, handelte es sich zur Lösung der Aufgabe darum, eine Kraft zu finden, welche ähnlich wirkt, wie das gefrorene Wasser; nun erscheint unseren Begriffen zuerst die einer künstlichen Erschaffung der Kälte, um den zu prüfenden Stein so oft, als es für nöthig gehalten würde, derselben auszusetzen, und dadurch eine befriedigende Ueberzeugung zu erlangen. Dieses Mittel wäre ohne Zweifel das allerbeste, wenn es im Großen anwendbar wäre; aber da dieses nicht der Fall ist, und die kältenden Substanzen überdieß manche Steine chemisch verändern, und so die eigentliche Wirkung des Frostes der Beobachtung entrücken könnten, so mußte man auf jenes Verfahren verzichten, ungeachtet aller Vortheile, die es zu versprechen schien. Vergleicht man aber das gefrorene Wasser mit einem krystallisirten Salz und seine Wirkungen mit denen der salzigen Substanzen, welche an der Oberfläche der Steine ausblühen und dieselben zuletzt in Staub verwandeln, so nimmt man entfernt eine Aehnlichkeit wahr, welche mehr und mehr sich bestätigt, wenn man die Resultate beider zusammenstellt.

„Durch die Untersuchung der Wirkung eines Salzes auf irdene Gefäße, muß ich gestehen, hoffte ich, den mir vorgesetzten Zweck zu erreichen, wenn ich dabei die Krystallisationskraft eines Mauersalzes für die des gefrornen Wassers annahm. Ich hatte einige alte Bemerkungen über die ausdehnende Kraft der Salze zur Hand; ich wußte, daß einige Stollen von Salinen in Bayern oder Tyrol nach Verlauf weniger Jahre durch den bloßen Einfluß des salzsauren Natrums, welches die Felsen in allen Richtungen durchdringt, eingestürzt waren; auch war mir bekannt, daß das Dach und die Sohle von mehreren Steinkohlenschichten sich vereinigen, wenn das Brennmaterial weggenommen ist, und zwar allein durch das Aufschwellen des thonigen Schiefers; ich wußte auch, daß die Kreide, die man in Malta zum Bauen verwendet, in Staub zerfällt, sobald sie längere Zeit mit dem Meerwasser in Berüh-

rung kommt, und sodann stellte ich alle diese Thatsachen zusammen und begann die Versuche, von denen ich Rechenschaft geben und nur solche weglassen werde, deren Resultate mich nicht befriedigt haben.

„Salpetersaures Kali, salzsaures Natrum, schwefelsaure Talkerde, kohlensaures und schwefelsaures Natrum, Alaun und Eisenvitriol erscheinen vielfältig an der Oberfläche des sie enthaltenden Gesteines als Mineralblumen, und verwandeln sie in Staub oder in Splitter ganz auf dieselbe Weise, wie gefrornes Wasser auf eisklüftige Steine wirkt. Nun habe ich eine beträchtliche Anzahl von Bausteinen verschiedener Beschaffenheit nach einander dem Einfluß von jedem dieser Salze unterworfen, um nachher dasjenige wählen zu können, dessen ausdehnende Kraft mir am kräftigsten und schnellsten erscheinen würde. Das schwefelsaure Natrum — gemeiniglich Glaubersalz genannt — schien mir den Vorzug zu verdienen, weil mit ihm mir alle Versuche am vollständigsten gelungen sind. Ich übergehe daher mit Stillschweigen alle meine erfolglosen Versuche und Nachforschungen, die mich nur zu dem Verfahren hingeleitet haben, welches ich gegenwärtig als das geeignetste betrachte, um Steine von schlechter Beschaffenheit zu erkennen, und beschränke mich auf die Angabe, wie man sich die Gewißheit verschaffe, ob ein Baustein dem Froste zu widerstehen fähig sei oder nicht. Man läßt ihn zu dem Ende eine halbe Stunde in Wasser kochen, das mit aufgelöstem Glaubersalz kalt gesättigt worden ist, sodann nimmt man ihn heraus und legt ihn in ein flaches Gefäß, dessen Boden man mit vorerwähnter Auflösung begießt, so daß der zu prüfende Stein etwa 1 Linie tief nur von unten leicht benetzt wird. Im Winter setzt man das Ganze in ein warmes Zimmer, im Sommer aber auf den Dachboden, damit das Ausblühen des Salzes, womit der Stein geschwängert ist, befördert werde. Nach Verlauf von 24 Stunden wird man den Probestein mit schneeigen Krystallblumen bedeckt und die Flüssigkeit verdunstet oder eingesogen finden. Man besprengt den Stein leicht mit reinem Wasser, bis alle Salznadeln gänzlich verschwunden sind, und der Stein, den man nicht aus dem Gefäß nimmt, gut abgewaschen ist. Es ist nicht selten, schon bei dieser ersten Abwaschung um den Probestein herum Körner, Blättchen oder eckige Bruchstücke zu finden, welche sich abgelöst haben, sowie viele andere noch locker haftende, vorausgesetzt, daß man an einem zerfrierbaren Stein die Untersuchung anstellt. Nun ist der Versuch im Fortgang, aber nicht als vollendet anzusehen; man muß vielmehr das Salz von neuem anschießen lassen, den Stein wieder

besprengen und so 5 — 6 Tage lang fortfahren; war die Luft trocken und die Mineralblumen waren vollständig ausgebildet, so kann man nach Verlauf dieser Zeit über die gute oder schlechte Beschaffenheit des Probesteins im Klaren sein. Man wäscht ihn alsdann reichlich mit Wasser ab, sammelt aber vorher alles, was im Laufe des Versuchs sich davon abgelöst hat, und schließt von der Menge dieser losgetrennten Theile auf den Grad der Verwitterung, den der Stein einst erleiden würde, wenn man ihn der Einwirkung des Frostes aussetzte.

„Sehr eisklüftige Steine, welche ich dieser Prüfung unterwarf, sind im Laufe des dritten Tages zerbröckelt, einige sind gänzlich zerfallen; die minder schlechten haben 5 — 6 Tage lang ausgedauert; aber wenige Steine, mit Ausnahme der härteren Granite, der dichten Kalksteine und des weißen Marmors, haben die Probe 30 Tage lang bestanden. Es gibt also einen Zeitpunkt, wo man aufhören muß, und ich glaube, daß acht Tage genügen sollten.

„Wenn man nur ein wenig mit Versuchen dieser Art vertraut ist, so ist einem leicht alles klar, was im Verlaufe der besprochenen Untersuchung vorkommen kann. Das siedende und mit Salzen gesättigte Wasser dehnt den Stein aus und durchdringt ihn auf eine gewisse Tiefe, beinahe wie das Regenwasser nach und nach in das Innere der, dem Einfluß der Atmosphäre ausgesetzten Steine einsickert. Reines Wasser nimmt beim Gefrieren einen größeren Raum ein, als im flüssigen Zustande, daher macht es sich durch die Poren des Steines Platz, und drückt die Wände der Zellengewebe auseinander, die es in diesem veränderten Zustande nicht mehr fassen können. Ebenso ist das Salz, welches im Augenblicke des Eindringens in das Innere des Steins im aufgelösten Zustande sich befindet, genöthigt, sich nach Außen in dem Maße Platz zu machen, als sein Auflösungsmittel verdunstet und es zwingt, seine feste Gestalt wieder anzunehmen, unter welcher es gleichfalls mehr Platz einnimmt. Es ist ebenso begreiflich, daß das wiederholte Abwaschen und das Ansetzen von Krystallblumen, welches oben vorgeschrieben ist, keinen anderen Zweck hat, als die Trennung aller der Theile zu beschleunigen, die von der Masse sich loszureißen streben, und die am Anfange der Prüfung nur leicht angegriffen worden sind. Ich werde indessen noch auf eine in die Augen fallende Aehnlichkeit aufmerksam machen welche zwischen der Wirkung des gefrorenen Wassers und der des Ausblühens der Salze auf die Trennung zerfrierbarer Steine nur im Zustande schneeiger Efflorescenz, die offenbar von Innen

nach Außen, gerade wie die salzige Efflorescenz ausschlägt, während es im Zustande des festen Eises an der Oberfläche zerfrierbarer Steine verweilen kann, ohne sie anzugreifen; der gleiche Fall ist es mit den krystallisirten Salzen, welche in diesem Zustande durchaus keine Wirkung auf jene besondere Art von Steinen äußern."

Soweit Brard. Die Resultate seiner ersten Versuche haben sich durch zahlreich angestellte Experimente vollkommen bestätigt. Bei der Anwendung einer warm gesättigten, statt einer kalt gesättigten Auflösung von Glaubersalz, wurden Steine angegriffen, welche Jahrhunderte allen Unbilden der Witterung vollkommen widerstanden hatten.

Der an Gebäuden vorkommende Mauerfraß, gewöhnlich Kalksalpeter, durch welchen die Steine ähnlich, wie durch den Frost zerstört werden, greift in der Wärme ebenfalls rascher um sich, als dieß bei der Kälte der Fall ist. Der die Steine zerstörende Mauerfraß wird erzeugt, wenn das Mauerwerk an Orten, wo organische, vorzüglich thierische Substanzen im Zustande der Verwesung sich befinden, aufgeführt wird, oder wenn das Erdreich, worauf das Gebäude steht, mit Kochsalz durchdrungen ist. Selbst die Verwendung von salzhaltigem oder unreinem fauligtem Wasser bei der Zubereitung des zum Vermauern der Steine angewendeten Mörtels, kann Veranlassung sein zum Entstehen von Mauersalzen, durch welche nach einer langen Reihe von Jahren selbst die festesten Steine zerstört werden können. Es müssen hiernach die Steiue bei Bauwerken in der Nähe von Kloaken, Abzugskanälen 2c. oder auf einem Baugrunde, welcher Kochsalz enthält, durch geeignete Vorkehrungen gegen das Entstehen des Mauerfraßes gesichert werden.

Beschreibung der wichtigsten Hausteine.

Wir werden bei der Beschreibung der vorzugsweise zu Hausteinen in Anwendung kommenden Steinarten, auf eine Eintheilung in Bezug auf die Beschaffenheit ihrer Masse keine Rücksicht nehmen und mit den festesten Steinen beginnend, die stufenweise weniger festen nachfolgen lassen.

1. Porphyr. Dieser überaus feste und wetterbeständige Stein wurde schon von den Alten zu den werthvollsten Steinen gezählt und da er die schönste Politur annimmt und dauernd behält, zu Prachtsäulen und anderen Kunstwerken verwendet. Als Haustein zum Bauen dient der Feldsteinporphyr, welcher an vielen Orten Deutschlands als Findling vorkommt oder als Felsen gebrochen wird.

Die Hauptmasse, welche auch als dichter Granit bezeichnet wird,

ist Feldsteinmasse mit Quarzkrystallen, Feldspathkrystallen, Quarzkörnern und anderen krystallinischen Theilen gemengt. Die Hauptmasse, welche die eingemengten Krystalle und Körner, welche letzteren stets scharfkantig sind, umschließt, ist meist dunkler gefärbt. Die bezeichnende Farbe ist roth, in's Gelbe, Braune bis Schwarze übergehend. Bei vorherrschenden und innig gemengten Quarztheilen wird der bindende Cement hornsteinartig und der Stein überaus hart und unverwitterbar.

Die Quarzkrystalle sind bezeichnend für diese Steinart, im Allgemeinen aber weniger darin vorhanden, als Feldspathkrystalle, und weiß, graulichweiß, perl- und aschgrau, auch zuweilen braun gefärbt. Die Feldspathkrystalle sind vorwiegend und oft von bedeutender Größe eingesprengt, und graulichweiß, gelblich, in's Grüne fallend und verschieden roth gefärbt. Der Porphyr ist nicht oder nur sehr undeutlich, oft beinahe senkrecht geschichtet, mehr platten- oder säulenartig zerklüftet. Kommt er durchlöchert vor, so ist er zu Mühlsteinen geeignet. Die festen Porphyre, welche zuweilen in großer Mächtigkeit vorkommen, sind schwerer zu sprengen als Granit und liefern einen vorzüglichen Haustein, welcher aus der Luft weniger Feuchtigkeit anzieht als die meisten festen Steine, und deßhalb der Verwitterung in so hohem Grade widersteht, dast er als unverwitterbar betrachtet werden kann. Dichter Porphyr widersteht einer Belastung von 26,261 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche, bevor er zerdrückt wird.

2. **Basalt.** Von dem als Basalt bezeichneten vulkanischen Gestein ist es besonders der unter dem Namen Erdschlacke oder Lungenstein bekannte verschlackte, poröse Basalt, welcher als Haustein von großem Werthe ist. Diese Steine, welche in manchen Gegenden in bedeutender Tiefe mächtig gelagert und in mächtigen Massen zerklüftet vorkommen, sind so fest, daß sie dem löcherigen Quarze vorgezogen und zu Mühlsteinen verarbeitet werden. Der Lungenstein ist als Haustein unverwitterbar und dabei in hohem Grade fest. Mit dem Mörtel, welcher in die Höhlungen des Steines eindringt und an den kieselerdigen, rauhen Wandungen fest anhaftet, geht er die innigste Verbindung ein. Die große Festigkeit dieser Steine, welche einer Belastung von 22,638 Pfund auf den Quadratzoll Grundfläche widerstehen, bevor sie zerdrückt werden, sowie die vorzügliche Wetterbeständigkeit derselben, die sich an den Bauwerken der Römer am Rhein und der Mosel bewährt findet; rechtfertigt deren Verwendung als Hausteine ganz besonders beim Brückenbau und überall da, wo die größtmögliche Festigkeit und Dauer der Steine höher

angeschlagen wird, als das schöne Ansehen derselben. Der Mühlsteinbruch zu Niedermendig bei Andernach am Rhein, aus welchem mächtige Werkstücke des in bedeutender Tiefe vorkommenden verschlackten Basaltes zu Tage gefördert werden, lieferte die Steine zu den Fundamenten der wichtigsten Pfeiler des Kölner Doms, und es werden die, gegenwärtig im Bau begriffenen Pfeiler der Rheinbrücke bei Köln, mit einer doppelten Quaderverkleidung aus denselben Steine versehen.

3. **Granit.** Die Hauptmasse dieses Urgesteins besteht aus Quarz, Feldspath und Glimmer. Die Gemengtheile liegen ohne bestimmte Ordnung in großer Verschiedenheit der Größe und Mischungsverhältnisse in krystalligkörnigem Gefüge so nebeneinander, daß sie, sich einander unmittelbar berührend, innig verbunden zusammenhängen. Der Quarz erscheint verschieden gefärbt, meist rauchgrau, selten weiß, blau oder grün, in Körnern von sehr verschiedener Größe und selten krystallisirt. Der Feldspath erscheint meist in krystallinischen Massen von sehr abwechselnder Größe und in sehr verschiedener Färbung, von Weiß in's Graue, Gelbe, Rothe sich ziehend, seltener olivengrün oder bläulichgrau. Der Glimmer erscheint in schimmernden Blättchen von verschiedener Größe und ebenso verschieden gefärbt, silberweiß, goldgelb, tombackbraun, violett, zuweilen sogar purpurroth und olivengrün.

Der Granit kommt als Gebirge in mächtigen Massen ohne deutliche Lagerung vor und ist häufig senkrecht oder in anderen Richtungen zerklüftet, seltener säulenförmig und dann nie regelmäßig. Weit ab von Granitgebirgen kommen in und auf angeschwemmtem Boden beinahe in allen Welttheilen einzelne Granitblöcke vor, welche als Geschiebe im nördlichen Deutschland unter dem Namen der Lesesteine bekannt sind. Diese Geschiebe zeigen eine große Mannigfaltigkeit in der Mengung und Farbe und haben als Findlinge eine große Festigkeit und Dauer.

Von den Gemengtheilen des Granits ist der Feldspath am meisten der Verwitterung unterworfen. Auch der Glimmer verwittert und verliert Glanz und Farbe. Der Quarz verwittert beinahe gar nicht. Der Granit widersteht hiernach der Verwitterung um so mehr, als darin der Quarz vorherrscht.

Der Granit zeichnet sich als Haustein durch seine Wetter- und Feuerbeständigkeit bei einem hohen Grade von Festigkeit aus. Der feinkörnige und quarzreiche, dabei spath- und glimmerarme Granit ist, wenn er keine Sprünge hat, im Wetter nahezu unverwüstlich und hat eine Festigkeit, welche nur von der des dichten Basaltes und Porphyrs

übertroffen wird. Grauer Granit von Findlingen trug eine Last von 9224 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche, bevor er zerdrückt wurde.

4. Kalkstein. Die ausgebreiteten Steinarten, welche durchs Brennen in lebendigen Kalk verwandelt, und deßhalb Kalksteine genannt werden, kommen im Mineralreiche in sehr großer Verschiedenheit an Härte, Bruch und Mischung, und zwar in Ur-, Uebergangs- und Flötzgebirgen vor. Sehr viele Kalksteine haben eine große Dauer im Wasser und Froste, alle aber leiden durch große Hitze und sind mehr oder weniger dem Mauerfraße unterworfen. Hausteine dieser Steinart dürfen deßhalb in der Nähe von Feuerungsanlagen nicht verwendet werden und sind ungeeignet zu Bauwerken in der Nähe von Kloaken, Abtritten und anderen Oertlichkeiten, wo durch Verwesung Salpetersäure erzeugt wird. Kömmt der Kalkstein mit Kochsalz in Berührung, so wird er gleichfalls zerstört. Von den Kalksteinen eignen sich zur Verwendung vls Hausteine: a. der Grobkalk; b. der Kalktuff und c. der körnige Kalk.

a. Der Grobkalk findet als Haustein ausgedehnte Anwendung. Mit etwas splitterigem, in's Unebene verlaufendem Bruche, hat er ein sehr verschiedenes, gröberes oder feineres Korn, und in der Regel eine gelbliche, aschgraue, bläulichgraue, zuweilen auch dunkelgraue Farbe. Er ist durchaus von Sand durchdrungen, oft mehr sandig als kalkig, zuweilen thonhaltig mit Anlage zum Schieferigen. Es kommen darin häufig calcinirte Muscheln vor, zuweilen in so großer Menge, daß der sie umschließende Kalksinter mit den Muscheln in eine Masse zerflossen erscheint. Er kommt gleichlaufend, meist wagerecht und gerade geschichtet, auch zerklüftet in großartigen Massen vor, wobei die Schichtflächen oder Klüfte mit Sand, Mergel oder Thon gefüllt sind. Frisch aus dem Bruche ist er mild und leicht zu bearbeiten, nach dem Austrocknen wird er fester und ist meist sehr dauerhaft. Die fein- und gleichkörnigen Steine sind die festesten und wetterbeständigsten. Es gibt Grobkalksteine von sehr fester, dichter Kalkmasse, welche Muscheln enthalten, sehr löcherig und durchhöhlt sind, und welche, auf die hohe Kante gestellt, gleichen Widerstand leisten gegen das Zerdrücken, wie auf das natürliche Lager versetzte Steine von gleicher Festigkeit und Härte.

b. Der Kalktuff, auch Duckstein genannt, bildet eine blasige, schwammige und unregelmäßig durchlöcherte Kalksteinmasse von weißer, grauweißer, zuweilen brauner Farbe. Im Bruche weich, erlangt er an der Luft die Härte des Flötz- oder Grobkalkes. Der nur aus Kalksinter und Kieselerde bestehende Kalktuff ist ein überaus leichter und

doch fester Baustein, weil die Wände der Zellen dicht wie Marmor und fest wie Flötzkalk sind. Im Freien ist der Kalktuff nicht wohl anwendbar, da er dem Froste nicht genügend widersteht; zum inneren Anbau aber ist er wegen seiner großen Leichtigkeit, und weil er eine so innige Verbindung mit dem Mörtel eingeht, daß davon ausgeführtes Mauerwerk als eine einzige, fest zusammenhängende Steinmasse betrachtet werden kann, ein werthvoller Baustein.

c. Der körnige Kalkstein, wozu die meisten Marmorarten zu rechnen sind, hat ein vom Grobkörnigen durch's höchst Feinkörnige bis zum Dichten übergehendes, krystallinisches, körnigblättriges Gefüge. Die Bänke sind nicht durchgreifend, mehr Stöcke, ohne Regel, sehr abweichend in Dicke, Farbe und Fall, oft zerklüftet und meist eingelagert, besonders in Gneiß und Glimmerschiefer. Deutschland ist reich an Marmorarten der verschiedensten Färbung, von rein weiß in's Graue bis zu schwarz übergehend, gelb und roth mit sehr verschieden gefärbten Adern. An Festigkeit steht der schwarze Marmor oben an, denn er widersteht einer Last von 7824 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche bis zum Zerdrücken, während der weiße Marmor nur einer Belastung von 3906 Pfunden auf den Quadratzoll bis zum Zerdrücken zu widerstehen im Stande ist. Die schwarzen und rein weißen Marmore sind die wetterbeständigsten.

5. Sandstein. Diese Steinart, welche aus einerlei oder aus verschiedenen, oft kaum mit unbewaffnetem Auge zu entdeckenden Trümmern älterer, vorzüglich kieselhaltiger Gebirgsmassen besteht, kommt in größeren Blöcken als irgend eine andere Steingattung vor, und findet beim Bauwesen als Haustein schon um deßwillen die ausgedehnteste Anwendung, weil die Steine bei regelmäßiger Schichtung und nicht sehr großer Härte, leicht zu brechen und zu bearbeiten sind.

Die Körner der Sandsteine sind sehr verschieden an Form und Größe, zuweilen scharfkantig, meist aber mehr abgerundet. Das Gefüge der Sandsteine, im Kleinen körnig, ist im Großen schieferig. Die Schichtung der Bänke, häufig dem Wagerechten sich nähernd, ist in den Brüchen deutlich erkennbar, weniger die schieferige Fügung der Steine innerhalb der Bank; die Blätter scheinen im feuchten Zustande zusammenzuhängen, sie trennen sich aber, wenn die Austrocknung schnell erfolgt, oder der Frost auf den Stein wirkt. Die schieferige Fügung der meisten Sandsteine trägt zur Vermehrung der rückwirkenden Festigkeit derselben wesentlich bei, wenn die Last senkrecht auf deren Lager wirkt.

Auf die hohe Kante gestellt, werden schieferige Steine leicht verwittern und bei einigermaßen großer Belastung gespalten und zerdrückt werden.

Als allgemein gültige Regel ist deßhalb anzunehmen, daß schwerbelastete Sandsteinquader oder Werkstücke so versetzt werden müssen, daß der Druck, welchem sie zu widerstehen haben, senkrecht auf deren natürliches Lager wirkt. Ebenso müssen vor die Mauerflucht vortretende Steine, zur Sicherung gegen das Abblättern auf das Lager gelegt werden. Auf's Haupt gestellte Steine, als: Säulen, Pfeiler, Fenstergewände u. s. w. müssen so versetzt werden, daß das Lager in die Mauerflucht, das Haupt dagegen in die Leibung kommt, um letzteres gegen die nachtheiligen Einwirkungen der Witterung zu schützen.

Nach der Beschaffenheit des Bindemittels, — Kittes — welches nie den vorwaltenden Gemengtheil ausmacht, unterscheidet man die Sandsteine als:

a. Kiesel=, b. Thon=, c. Kalk=, d. Mergel= und e. Eisensandsteine.

a. Kieselsandstein. Die Hauptmasse besteht aus Quarzkörnern, welche unter sich durch einen kieselartigen Kitt verbunden sind. Reine Kieselsandsteine haben eine weiße oder gelblich graue Farbe. Ist das Korn fein und sind die Quarzkörner scharfkantig und ineinandergreifend, gleichmäßig durch das quarzige Bindemittel zusammengekittet, so ist der Kieselsandstein in Bezug auf Festigkeit und Dauer zu den vorzüglichsten Bausteinen zu rechnen und selbst dem Granit vorzuziehen. Fester Kieselstandstein widersteht einer Last von 11,398 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche, bevor er zerdrückt wird.

Sind die reinen Kieselsandsteine selten, so kommen dagegen die rothen oder bunten Kieselsandsteine ungemein häufig vor. Das Bindemittel der Quarzkörner und anderer darin vorkommenden Gemengtheile ist bei dem rothen Sandsteine kieselhaltiger eisenschüssiger Thon. Der Bruch ist erdig und weniger scharf als bei den farblosen Kieselsandsteinen. Kann im Allgemeinen angenommen werden, daß die rothen Kieselsandsteine an Festigkeit und Dauer den farblosen von sonst gleicher Beschaffenheit nachstehen, so haben doch einige Gattungen, welche sich durch ein gleiches und feines Korn, sehr regelmäßige Lagerung, nnd in der Regel auch durch eine gleichmäßige, dunkle Färbung auszeichnen, eine große Festigkeit, und widerstehen der Witterung vollkommen.

Fester rother Sandstein widersteht einer Last von 6841 Pfunden auf den Quadratzoll Grundfläche bis zum Zerdrücken, während weniger fester Sandstein schon bei einer Last von 2631 Pfund zerdrückt wird.

b. Thonsandstein. Dieser Sandstein, bei welchem die Quarz- und anderen Körner der Hauptmasse mit einem Thonkitte untereinander verbunden sind, ist leicht an dem erdigen, mageren Bruch und daran zu erkennen, daß er, mit Wasser angefeuchtet, dasselbe begierig einsaugt und dabei einen starken Thongeruch verbreitet. Die Farbe ist in der Regel grauweiß, in's Gelbe, Bräunliche und Grünliche übergehend, doch kommen auch rothe Thonsandsteine vor.

Frisch aus dem Bruche ist der Thonsandstein weich und mild zu bearbeiten, an der Luft wird er härter. Enthält er Glimmer, welcher häufig in dünnen Lagen vorkommt, so ist er dem Verwittern sehr unterworfen. Bei der Eigenschaft des thonigen Bindemittels, das Wasser begierig einzusaugen und hartnäckig zurückzuhalten, eignen sich nur wenige Thonsandsteinarten zur Anwendung im Freien, und es gebietet die Vorsicht, die Wetterbeständigkeit derselben sorgfältig zu prüfen und zu wichtigen Theilen einer Hausteinconstruction nur solche Steine zu verwenden, welche sich durch die Winterprobe bewährt haben. Zu Feuerungsanlagen ist der Thonsandstein einer der schätzbarsten Bausteine und wegen seiner leichten Bearbeitung dazu, sowie zum inneren Ausbau besonders geeignet.

c. Kalksandstein. Diese Sandsteinart enthält außer Quarz auch Feldspath und Thonschiefer in Körnern nebst Glimmerschuppen, und das Bindemittel dieser Gemengtheile ist thonhaltige Kalkerde. Wegen seines kalkhaltigen Bindemittels, welches sich durch das Aufbrausen darauf angewendeter Säuren zu erkennen gibt, ist er unbrauchbar im Feuer, und wenn er als quarzreicher Stein zuweilen eine genügende Festigkeit als Haustein hat, so ist er doch wegen seines thon- und kalkhaltigen Bindemittels selten wetterbeständig.

Im Bruche weich und an der Luft erhärtet, hat der Stein eine weißgelbe, in's Braune oder Grüne übergehende Farbe.

d. Mergelsandstein. In diesem Steine sind die Quarz- und anderen Körner durch Mergel gebunden. Im Bruche hart, zieht er aus der Luft Feuchtigkeit an und zerfällt durch die Einwirkung der Sonne und des Frostes sehr bald im Freien. Von allen Sandsteinarten ist er, an ungünstigen Örtlichkeiten verwendet, dem Mauerfraße am meisten unterworfen und als Haustein der schlechteste.

e. Eisensandstein. Die Quarzkörner dieses Sandsteins sind mit thonhaltigem Eisenoxyd oder Oxydhydrat gebunden, und es ist derselbe dadurch gelb, in's Braune bis zu Rothbraun übergehend ge-

färbt. Im Trocknen verwendet, hat der meist scharfkantige Stein zuweilen eine Festigkeit, welche der der besten rothen Kieselsandsteine nicht nachsteht, da aber das Bindemittel durch Feuchtigkeit in eine höhere Oxydationsstufe übergeht, womit eine Ausdehnung der Masse, ohne die Einwirkung des Frostes, verbunden ist, so zerbröckelt er im Freien. Die gelbgefärbten Steine sind besonders dem Verwittern unterworfen, wogegen die dunkel gefärbten, bei welchen das Eisen des Bindemittels schon eine sehr hohe Oxydationsstufe erreicht hat, zuweilen recht gut im Wetter stehen. An älteren Bauwerken zeigen sich dunkel gestreifte Steine nur an den hellen Stellen ausgewittert, während die dunkeln Streifen dem Froste widerstanden haben.

Der Beschreibung von denjenigen Steinen, welche als Hausteine von dem Steinmetzen verarbeitet werden, lassen wir eine Tabelle nachfolgen, aus welcher das specifische Gewicht derselben, sowie das mittlere Gewicht eines Cubikfußes entnommen werden kann.

Benennung der Steine.	Specifisches Gewicht.		Mittleres Gewicht			
	kleinstes.	größtes.	eines Wiener Cubikfußes in Wiener Pfunden.	eines preuß. Cubikfußes in preußischen Pfunden.	eines bayer. Cubikfußes in bayerischen Pfunden.	eines Gr. Hess. Cubikfußes in Gr. Hess. Pfunden.
Porphyr .	2,395	2,793	146,500	171,204	115,000	81,062
Basalt . .	2,176	3,970	179,062	209,500	140,800	96,031
Granit . .	2,576	2,668	147,828	173,000	116,242	81,937
Kalkstein .	2,500	2,800	149,400	174,900	116,600	82,812
Marmor .	2,744 im Mittel		154,706	181,104	121,650	85,750
Sandstein	2,151 im Mittel		121,273	141,972	95,362	67,218

Unter dem specifischen Gewicht eines Körpers versteht man das Verhältniß seines absoluten Gewichts zu dem Gewichte einer gleich großen Masse destillirten Wassers. Allgemein ist bei den Angaben über specifische Gewichte dasjenige des Wassers 1,000 angenommen. Wenn also z. B. das specifische Gewicht des Marmors im Mittel 2,744 beträgt, so heißt das soviel, daß ein gewisser Rauminhalt dieses Steins 2,744 mal so viel wiegt, wie der nämliche Rauminhalt, wenn er aus destillirtem Wasser bestünde.

Zweiter Abschnitt.

Von den Grundsätzen des Verbandes für Hausteinmauern und Stützpfeilern.

Stabilität. Nehmen wir an, daß Hausteine nicht durch Mörtel oder ein anderes Mittel untereinander verbunden werden, so sind die Hausteinconstructionen als eine Vereinigung fester Körper zu betrachten, welche sich nur dadurch erhalten, daß sie, durch ihre Form und Lage, den aus ihrer Schwere folgenden vereinigten Kräften Widerstand leisten. Die Schwere, eine stetige Kraft, deren Wirkung wir an allen Körpern wahrnehmen, wenn dieselben durch keinen Widerstand aufgehalten werden, steht bei festen Körpern verschiedener Art mit der Menge der Theile im Verhältniß, die in einem und demselben Raume enthalten sind, so daß diejenigen Körper ein größeres Gewicht haben, deren Theile feiner und einander mehr genähert sind.

Wird ein fester Körper an einem Faden oder Seil aufgehängt, so spannt er das Seil oder den Faden in einer Richtung an, welche senkrecht auf dem Horizont oder auf der Oberfläche des Wassers steht. Der aufgehängte Körper nimmt dabei eine Lage an, daß die, in Beziehung auf eine den Körper in der Verlängerung des Fadens oder Seiles durchschneidende Linie, entgegengesetzten Theile des Körpers gleich schwer sind, so daß diese Linie als eine Axe des Gleichgewichts zu betrachten ist. So oft nun der Aufhängepunkt verändert wird, ebenso oft gibt die verlängerte Richtung des Fadens eine neue Axe, wie dieß aus den Fig. 1, 2 und 3 zu ersehen ist, welche einen und denselben Körper an drei verschiedenen Punkten aufgehängt so darstellen, daß in Fig. 1 die Axe für den ersten Aufhängepunkt, in Fig. 2 die Axen für den ersten und zweiten Aufhängepunkt und in Fig. 3 die Axen für den ersten, zweiten und dritten Aufhängepunkt punktirt eingezeichnet sind. Diese Axen schneiden sich in einem und demselben Punkte, im Mittelpunkte der Masse des Körpers.

Die Eigenschaft dieses im Mittelpunkte des Körpers gelegenen Punktes, welcher Schwerpunkt genannt wird, besteht nun darin, daß, so oft ein Körper durch eine Kraft unterstützt wird, welche in der senkrechten Richtung, die dieser Punkt stets zu befolgen strebt, widersteht,

der ganze Körper in Ruhe bleibt. Hiernach erklärt sich, daß die Bewegung eines aufgehängten Körpers aufhört, wenn sich der Schwerpunkt in der senkrechten Richtung des Fadens befindet; ebenso daß ein Körper

Fig. 1.

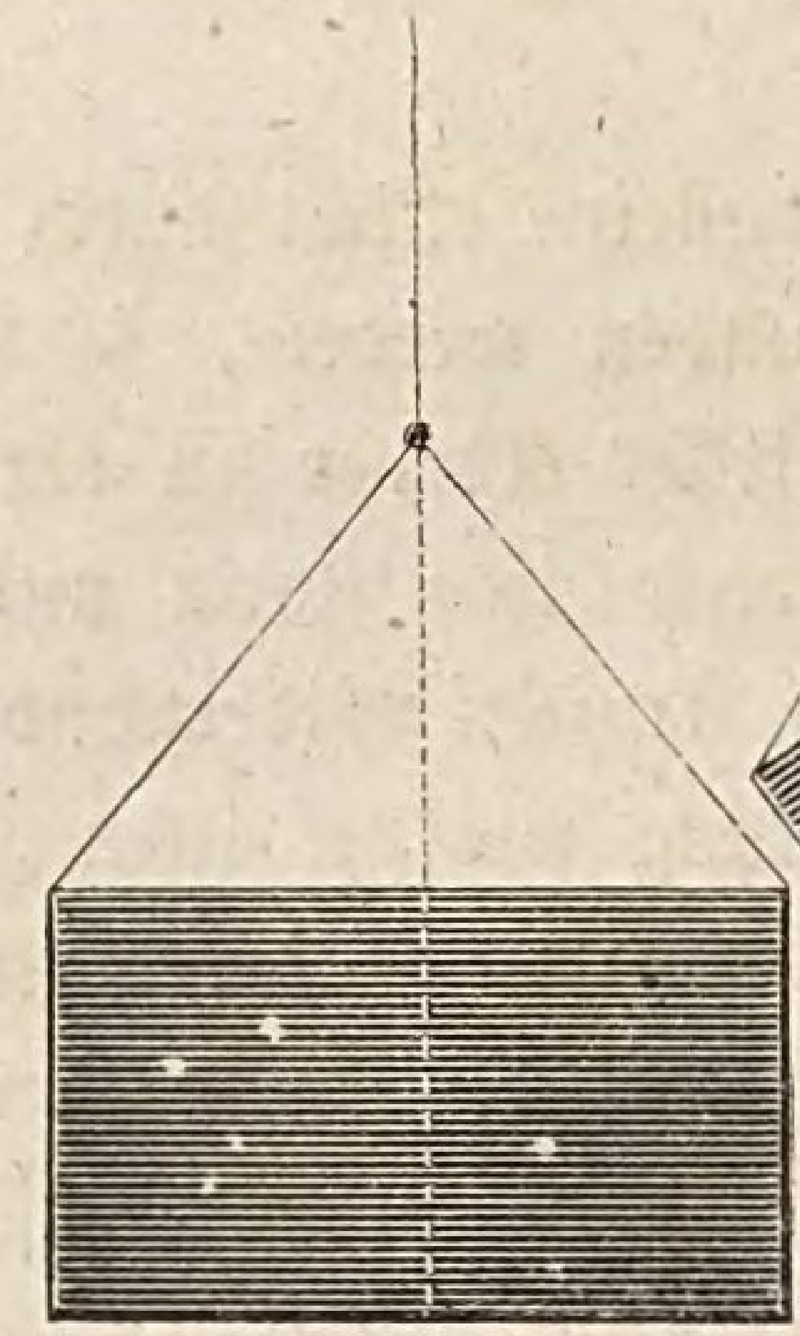


Fig. 2.

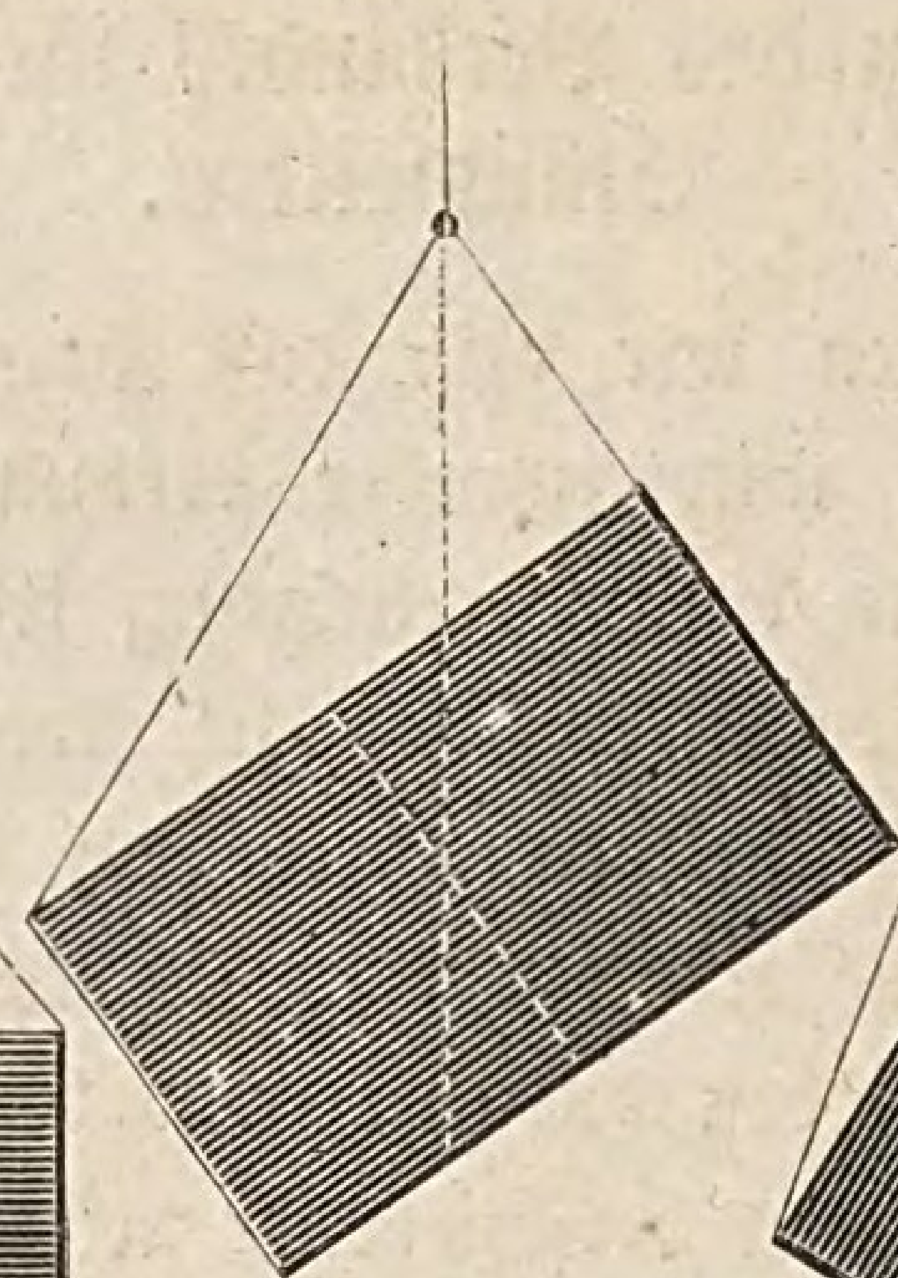
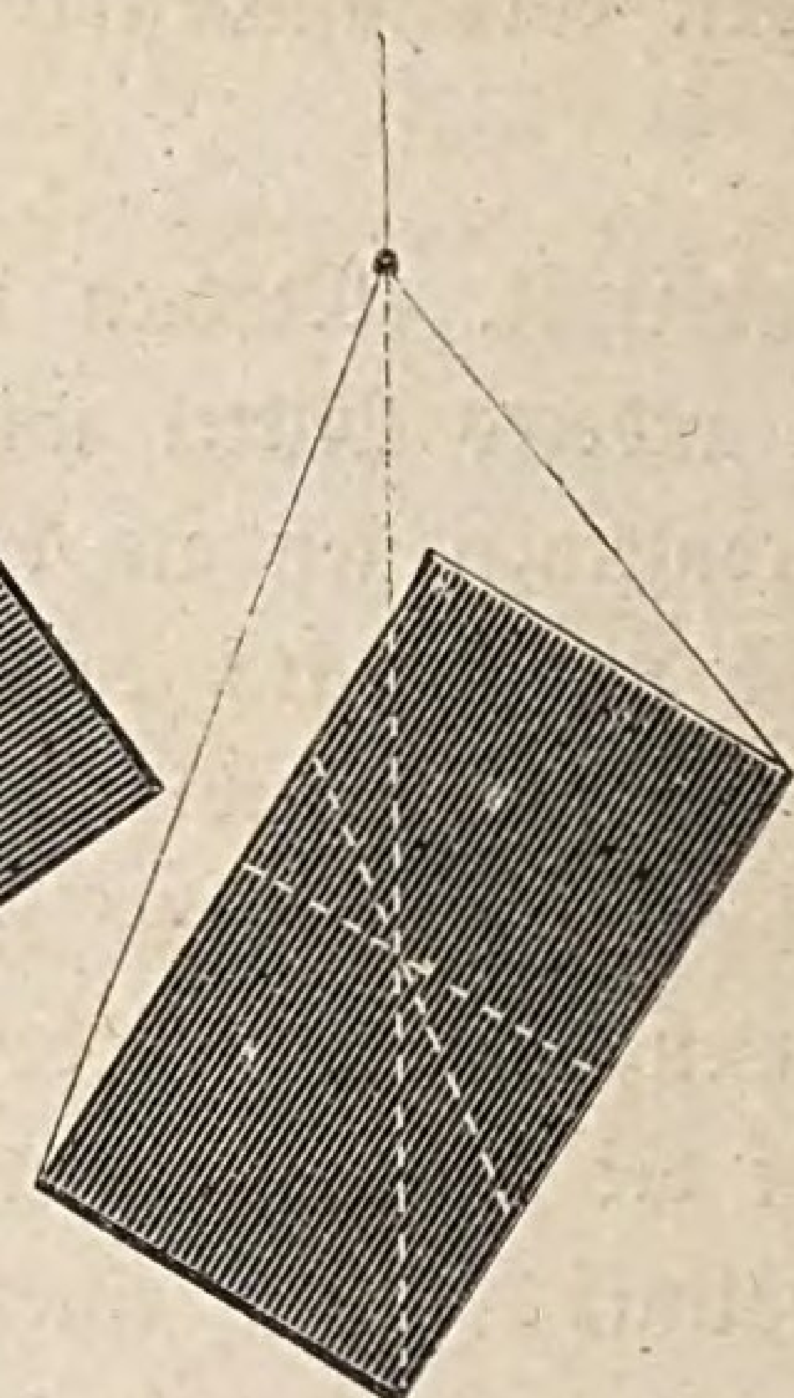


Fig. 3.



auf einer Spitze, oder in einem einzigen Punkte unterstützt werden könnte, wenn diese Spitze oder dieser Punkt genau in der vertikalen Richtung läge, die vom Aufhängepunkt nach dem Schwerpunkt geht. Daß dieser Zustand des Gleichgewichts bei Bauwerken nicht in Betracht kommen kann, wo alle Theile, zum Widerstande gegen die auf sie wirkenden Kräfte, einer überflüssigen Kraft, eines hohen Grades von Stabilität bedürfen, ist selbstverständlich.

Fig. 4.

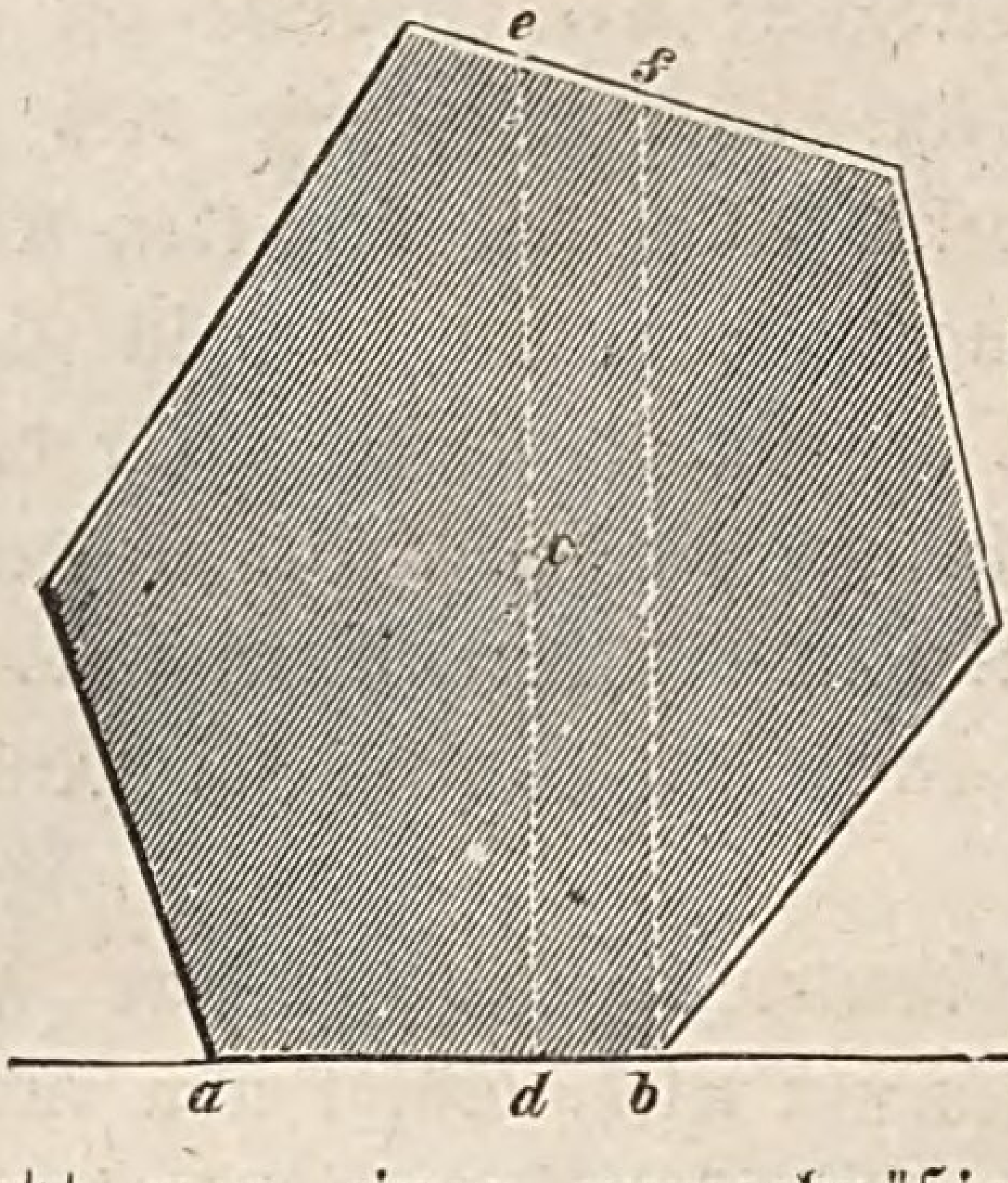
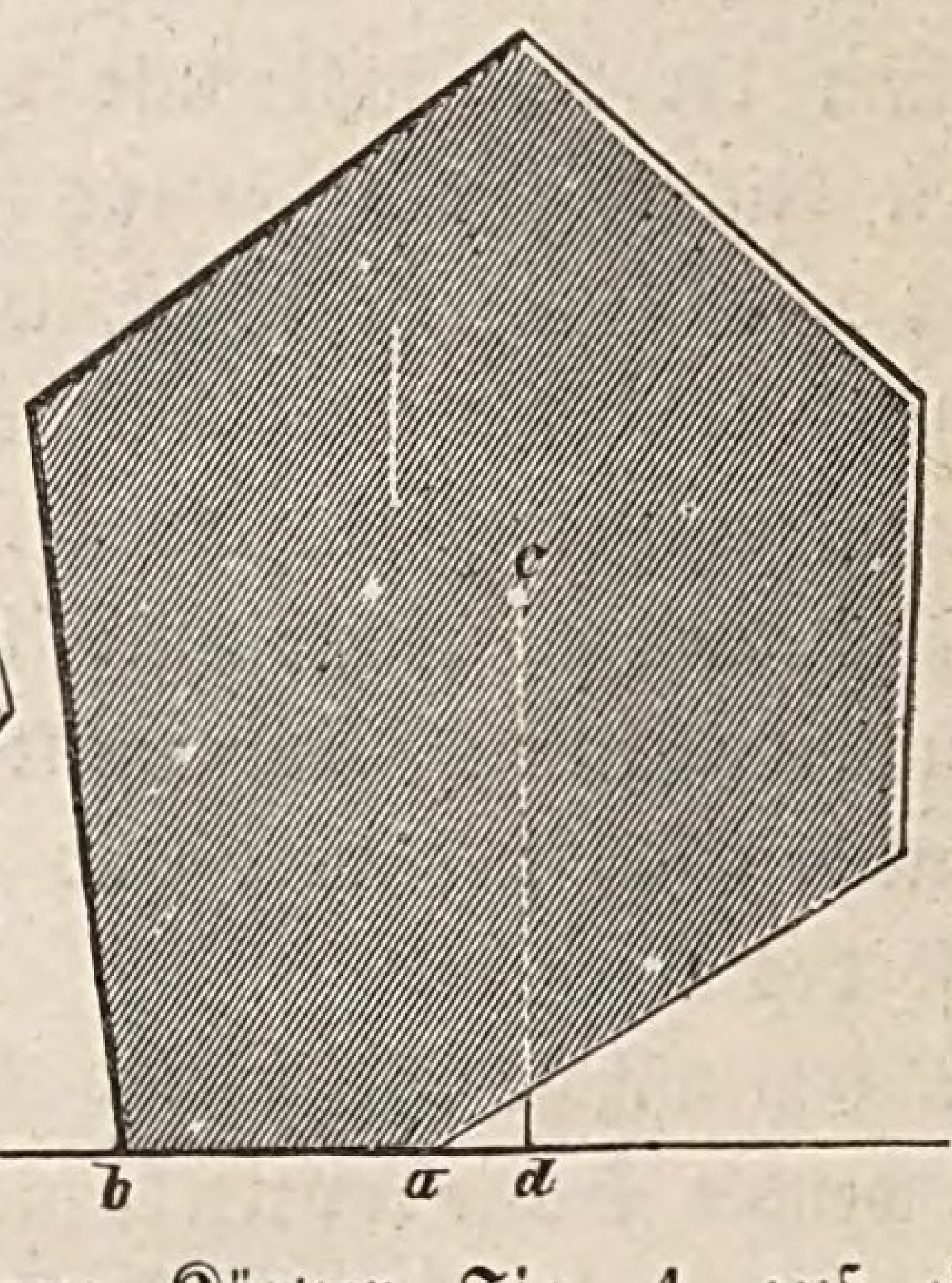


Fig. 5.



Setzt man einen unregelmäßigen Körper Fig. 4 auf eine horizontale Ebene, so daß er mit einer seiner Flächen ab aufliegt, und der

aus dem Schwerpunkt gefällte Perpendikel cd nicht außerhalb seiner Basis fällt, so wird sich dieser Körper auf der unterstützenden Ebene mit einem Grade von Stabilität erhalten, welcher durch die Differenz der Theile abf nnd bfg ausgedrückt wird. Da ecd eine Axe des Gleichgewichts ist, so wird der zwischen ade enthaltene Theil dem zwischen bde genau gleich und die Differenz, welche den Grad der Stabilität ausdrückt, wird bdef sein. Befände sich das Ende des Körpers genau an der Stelle, wo der aus dem Schwerpunkt gefällte Perpendikel hintrifft, so wäre der Körper im Gleichgewicht, wenn er nur auf einer Linie ruhte in deren Richtung der Punkt b liegt; allein die geringste Kraft würde ihn umwerfen, indem sie ihn um den Punkt b drehte. Fällt nach Fig. 5 der aus dem Schwerpunkt gefällte Perpendikel außerhalb der Basis, so kann der Körper nicht in seiner Lage bleiben und fällt nach der Seite, auf welcher der nicht unterstützte Schwerpunkt liegt.

Es ergibt sich aus dem eben Gesagten, daß ein Körper, von irgend einer Gestalt, alle Stabilität hat, deren er vermöge seiner Schwere fähig ist, wenn keine einzige Senkrechte aus den Punkten seines Umfangs außerhalb seiner Basis fällt.

Parallelepipeden, Prismen und Cylinder nach Fig. 6, 7 und 8, deren Seitenflächen senkrecht auf der Basis stehen, haben auf einer horizontalen Ebene die ganze Stabilität, die aus ihrer Form und Schwere folgen kann.

Fig. 6.

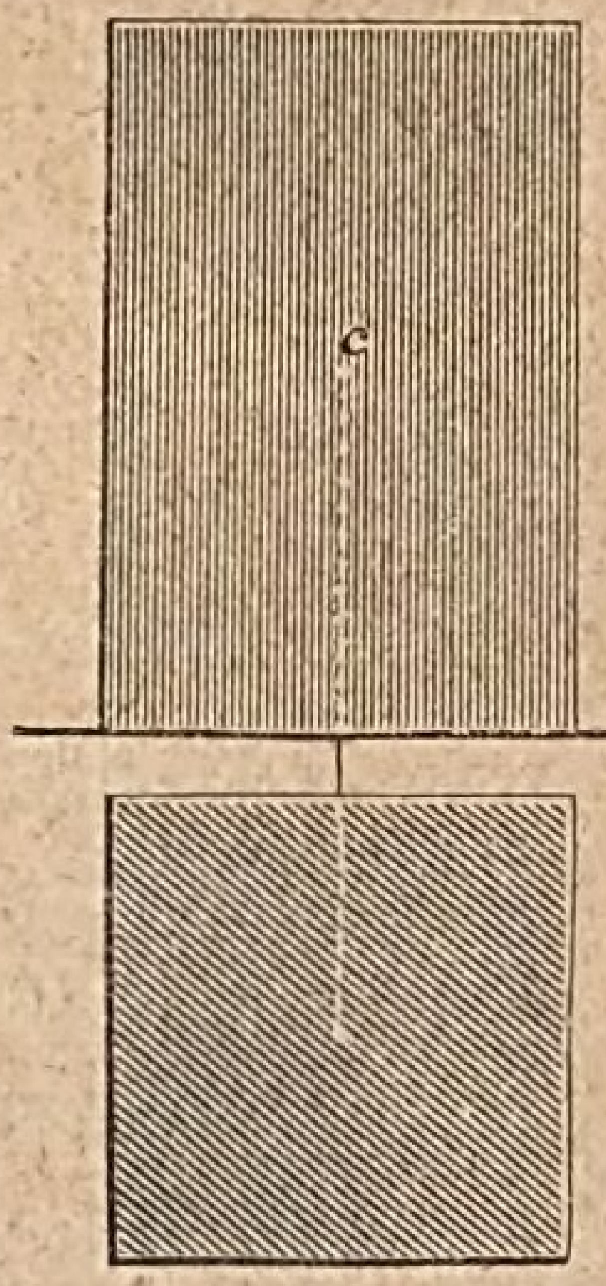


Fig. 7.

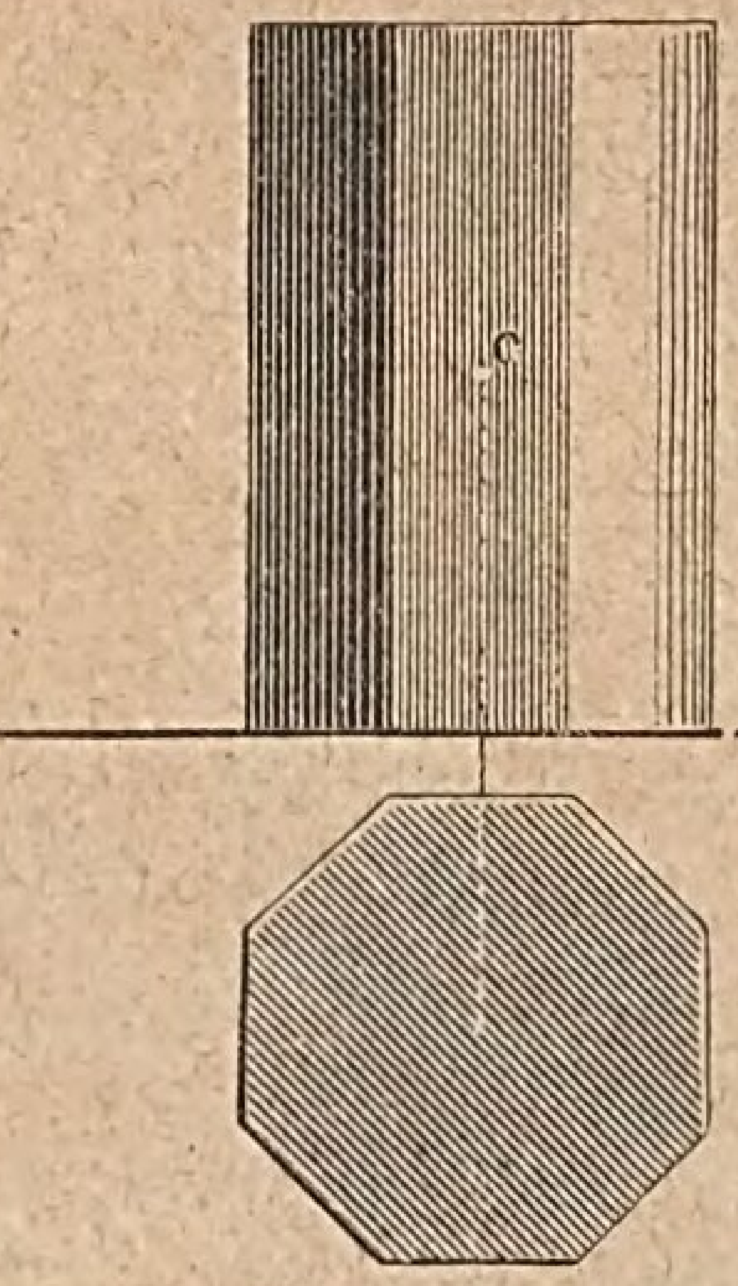
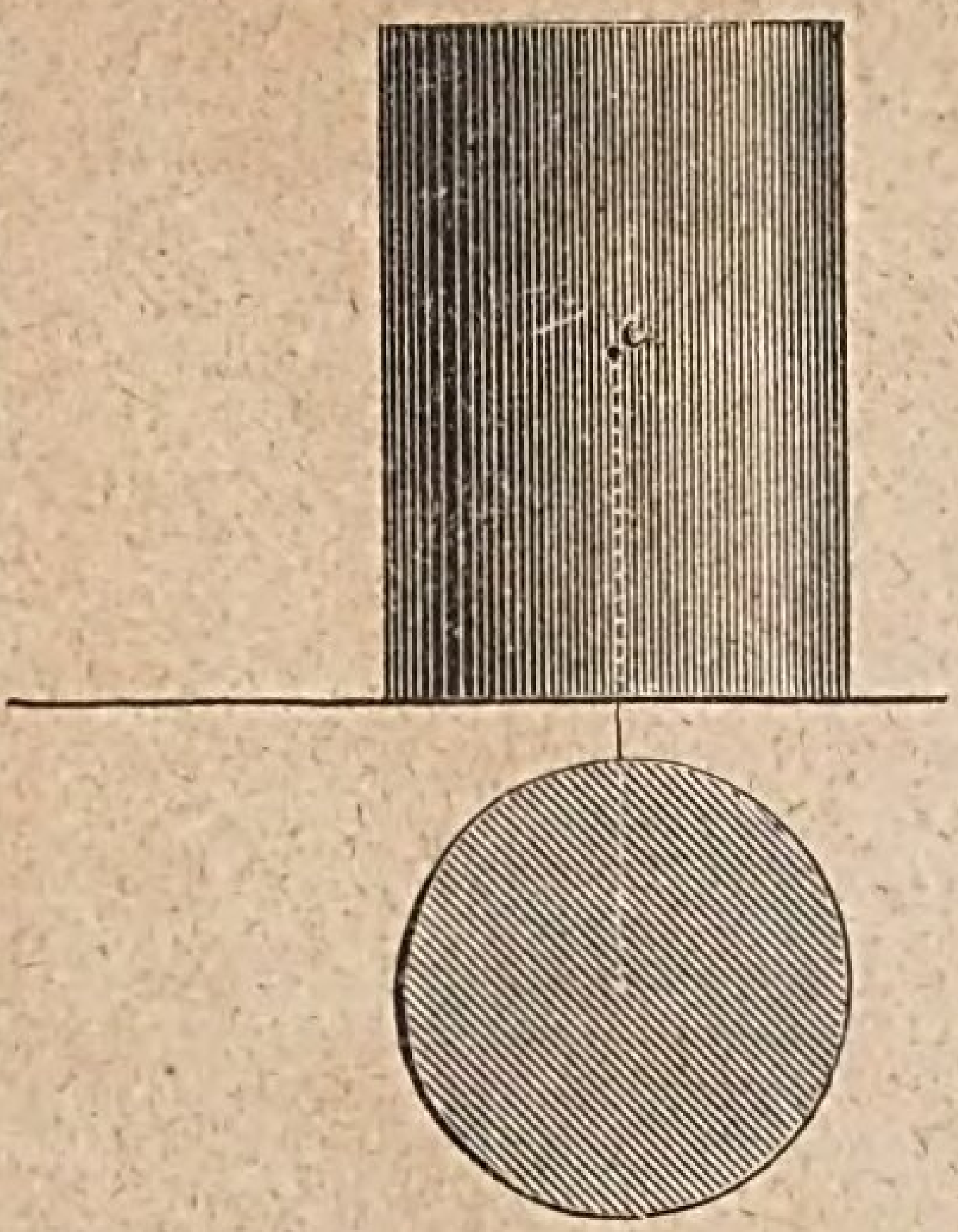


Fig. 8.



Da der Schwerpunkt dieser Körper in der Axe liegt, welche auf die Mitte der Basis trifft, so ergibt sich daraus ein ganz gleicher Widerstand nach allen Richtungen. Die Stabilität der Prismen von gleichen Grundflächen vermindert sich aber in demselben Verhältnisse als

sie an Höhe zunehmen. Die in den Fig. 9, 10, 11 und 12 dargestellten Parallelepipeden, deren Höhen sich wie 1, 2, 4, 8 verhalten, haben eine Stabilität, welche sich wie das Ganze, die Hälfte, ein Viertel und ein Achtel ihres Gewichts verhält; angenommen, daß diese Körper vollkommen regelmäßig und auf eine horizontale Ebene genau senkrecht gesetzt sind. Diese Verminderung der Stabilität nimmt mit vermehrter Höhe in der Wirklichkeit noch in größerem Maaße zu, so daß ein Prisma, dessen Höhe 40 mal größer wäre als der Durchmesser der Grundfläche, sich nicht mehr würde erhalten können. — Die Stabilität fester Körper von gleicher Grundfläche nimmt in dem Verhältniß ab, in welchem die Höhe des Schwerpunkts zunimmt. Bei den Parallelepipeden, Prismen und Cylindern Fig. 6, 7 u. 8 liegt der Schwerpunkt in der Mitte der Axe, während derselbe bei Pyramiden und Kegeln Fig. 13, 14 und 15 nur um ein Viertel der Höhe von der Grundfläche entfernt ist. Hieraus folgt, daß die Stabilität

Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11. Fig. 12.

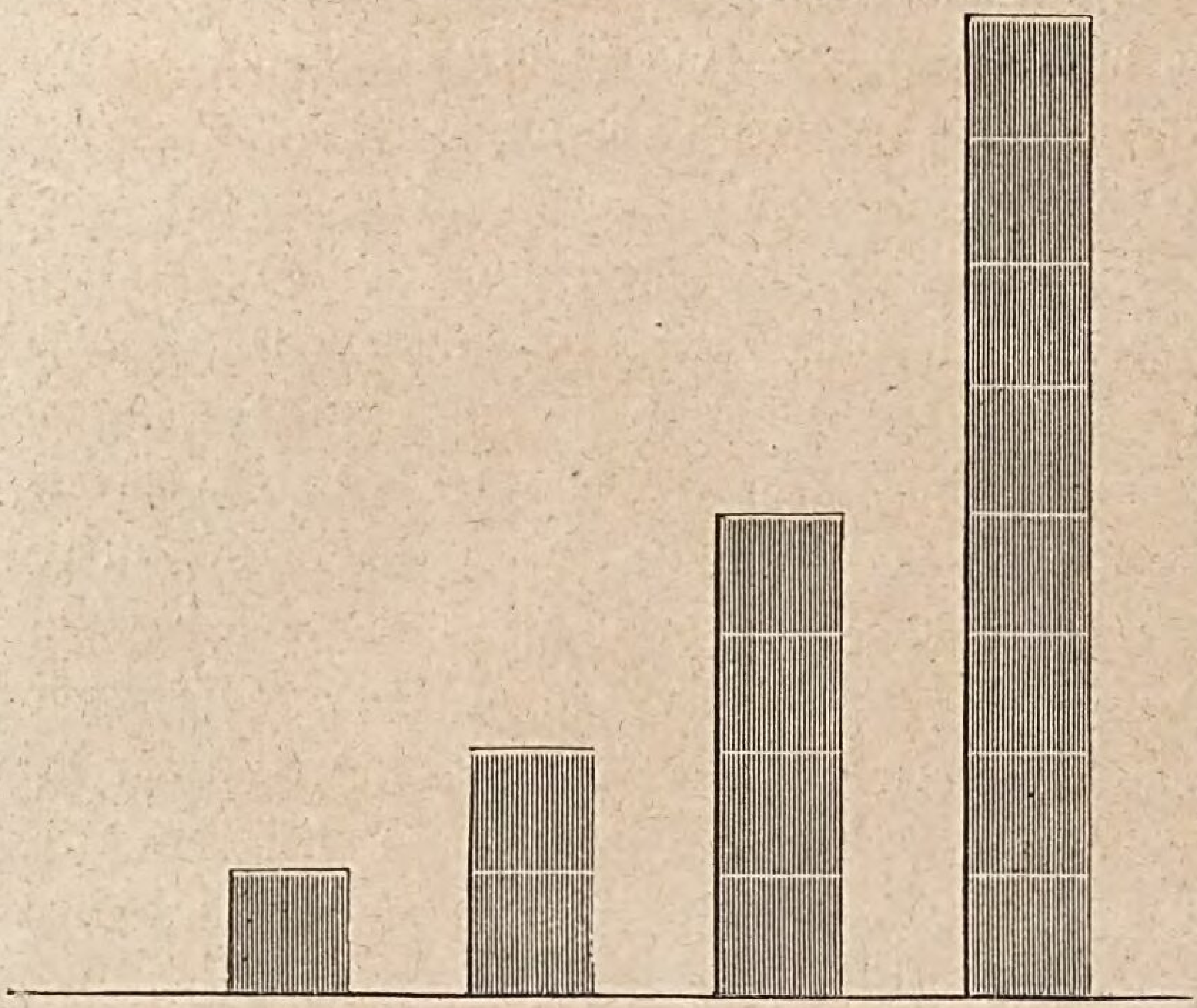
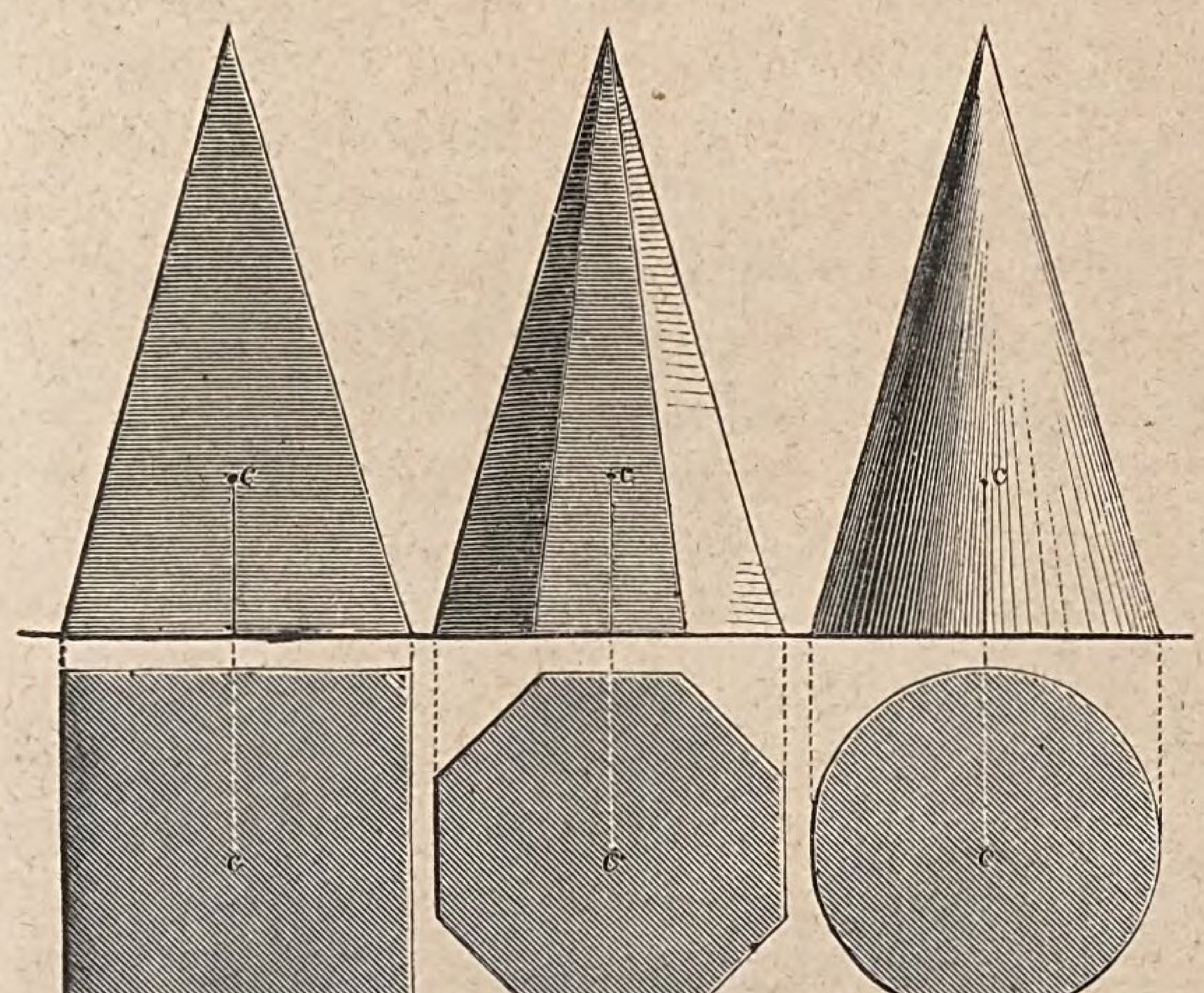


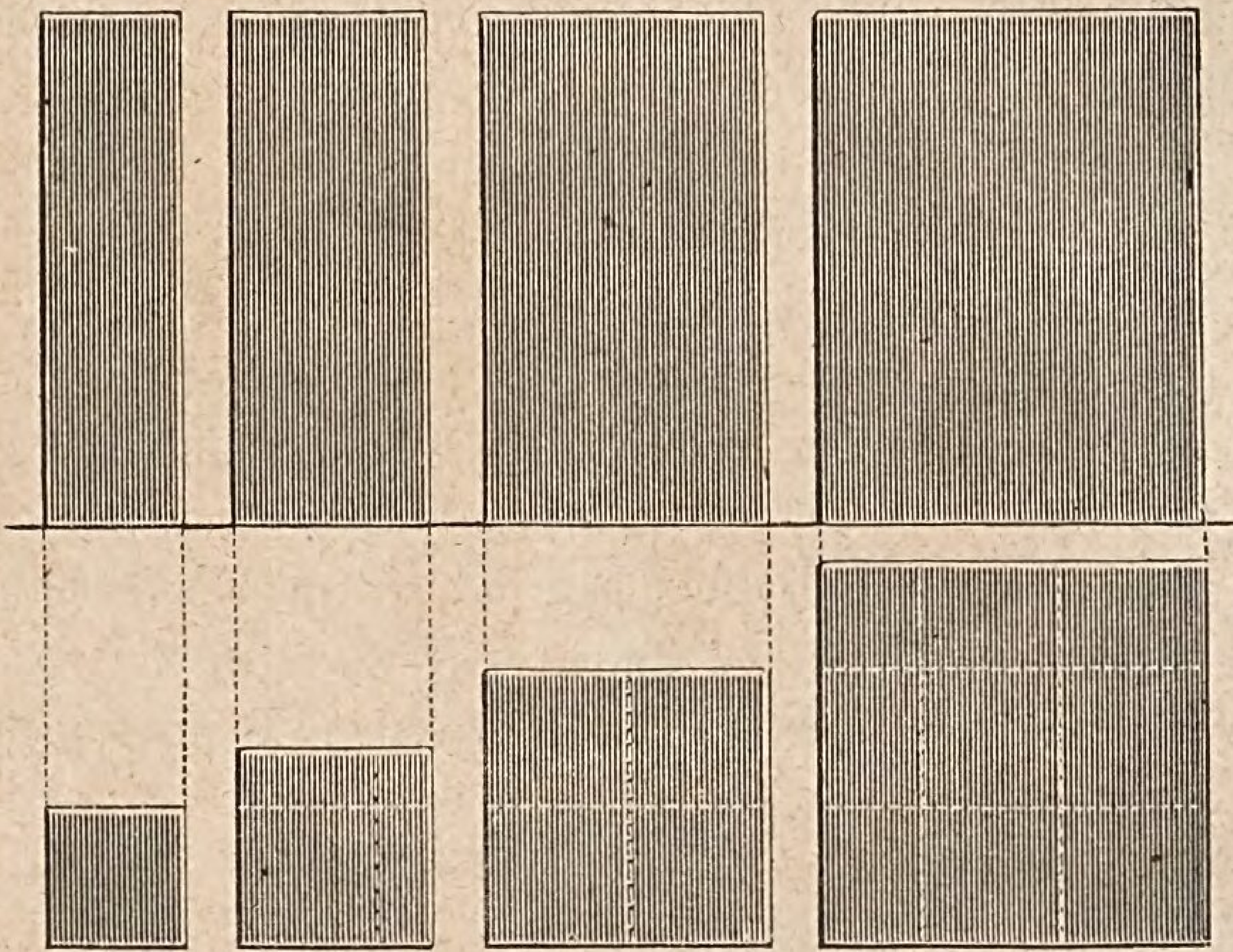
Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.



einer Pyramide sich zu der eines Prisma von gleicher Grundfläche und Höhe verhält, wie 2 zu 1, das heißt, daß sie doppelt so groß ist.

Der Widerstand fester Körper von gleicher Form und gleicher Höhe verhält sich, wie der Durchmesser ihrer Grundfläche und nicht, wie die Grundflächen selbst. So verhält sich die Stabilität der in den Fig. 16, 17, 18 und 19 dargestellten Parallelepipeden, deren Grundflächen sich wie 1, 2, 4 und 8 verhalten, wie $\sqrt{1} : \sqrt{2} : \sqrt{4} : \sqrt{8}$.

Fig. 16. Fig. 17. Fig. 18. Fig. 19.



Alle Theile fester und schwerer Körper haben das Bestreben, sich in einer senkrechten Linie abwärts zu bewegen; sie werden deßhalb nur auf einer horizontalen Ebene vollkommen unterstützt werden. Die beste Form, die man den Hausteinen zu Mauern oder Pfeilern geben kann, wird sonach die eines senkrechten Parallelepipedes oder von Prismen sein. Werden Steine von dieser Form im Verbande und in horizontalen Schichten auf einandergesetzt, so wird die Wirkung der Schwere auf ihre Basis fallen, und es wird der Druck jedes Steins auf den anderen ihre Stabilität vermehren. Werden die Steine durch die Wirkung der Schwere mit einander verbunden, so folgt daraus, daß je größer die Steine sind, desto größer ihre Stabilität und desto fester ihre Verbindung sein wird. Dabei muß jedoch vorausgesetzt werden, daß die Lager der Steine genau geebnet sind, damit sie überall gleichmäßig tragen. Denn je größer die Steine sind, desto mehr sind sie dem Zerbrechen ausgesetzt, wenn sich auf dem Lager Stellen vorfinden, welche nicht tragen. Es ist eine der wichtigsten Anforderungen an vollkommene Hausteinconstructionen, daß die Steine, selbst wenn sie ohne Mörtel oder Cement aufeinandergesetzt werden, sich in der ganzen Ausdehnung ihrer Lagerflächen berühren und ebenso an den Stoßflächen genau zusammenpassen.

Da nun aber eine so vollkommene Bearbeitung der Steine, daß sie in allen Punkten der Lagerflächen sich gleichmäßig berühren, sehr schwer zu erreichen ist, so ist bei älteren Bauwerken die Erscheinung nicht selten, daß Steine, welche im Verhältniß zu ihrer Länge zu wenig Dicke haben, unter ihrer Last zerbrochen sind.

Die Form der Steine als Würfel ist zwar die geeignetste zu Werken, welche große Lasten zu tragen haben; aber es ist mit würfelförmigen Steinen kein guter Verband herzustellen und die Stabilität ist geringer als bei Steinen mit größerer Grundfläche. Haben dagegen die Steine eine Länge, welche viel größer ist als ihre Höhe, so haben die Steine zwar eine größere Stabilität und gestatten eine zweckmäßige Verbtndung, aber sie besitzen weniger Kraft, dem Druck der Last zu widerstehen. Die Resultate angestellter Versuche stimmen darin überein, daß die Länge eines Steines von mittlerer Härte und Festigkeit auf das Doppelte bis Dreifache der Höhe, und deren Breite zwischen dem $1\frac{1}{2}$ und Zweifachen der Höhe bestimmt werden kann. Bei sehr harten und festen Steinen, welche bearbeitet mehr als 1 Fuß Dicke haben, kann man die Länge 4 bis 5 mal, und ihre Breite 2 bis 3 mal größer als die Höhe annehmen. Größere Dimensionen sind nur ausnahmsweise gestattet.

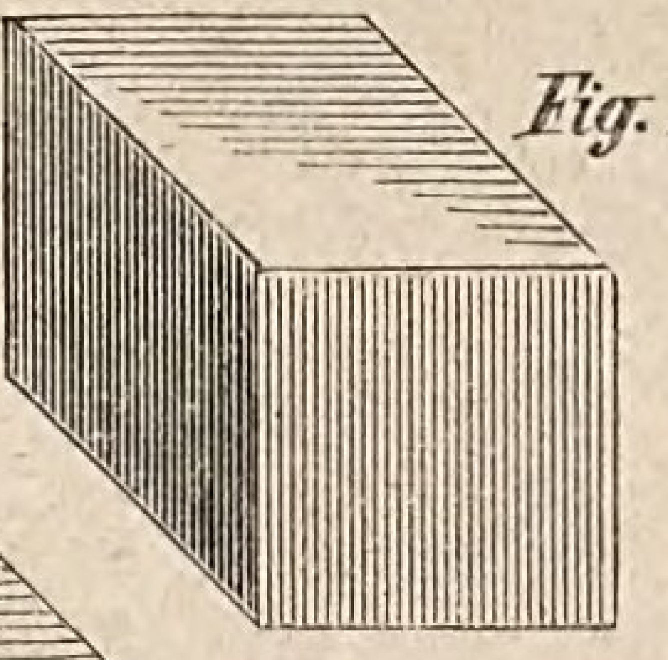

Fig. 20.

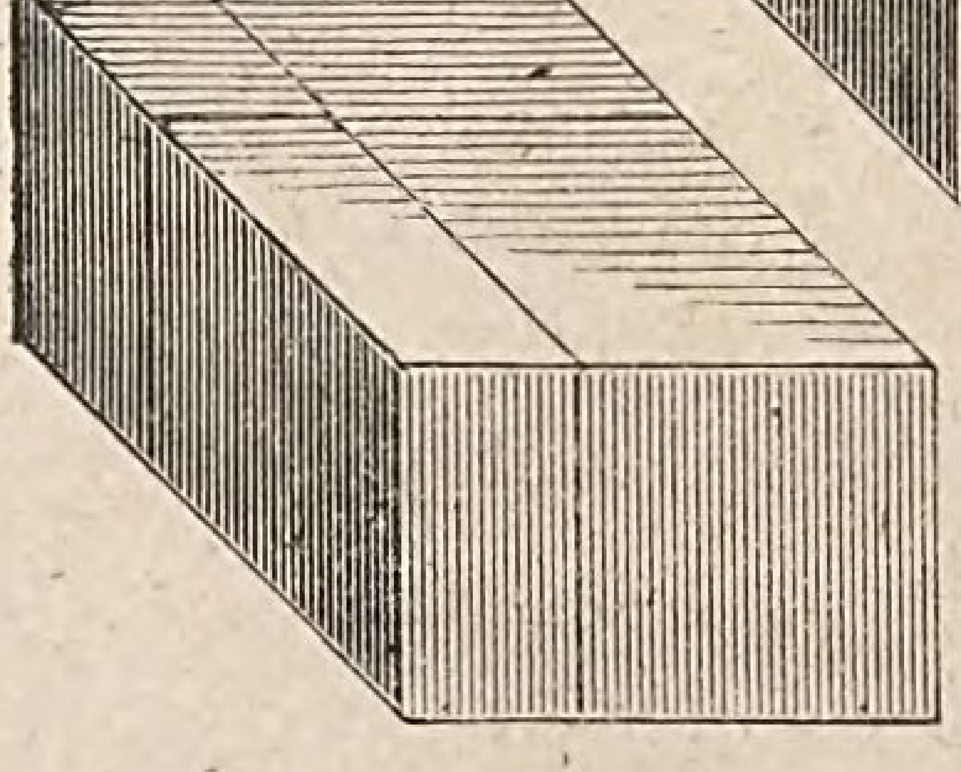
Fig. 21.


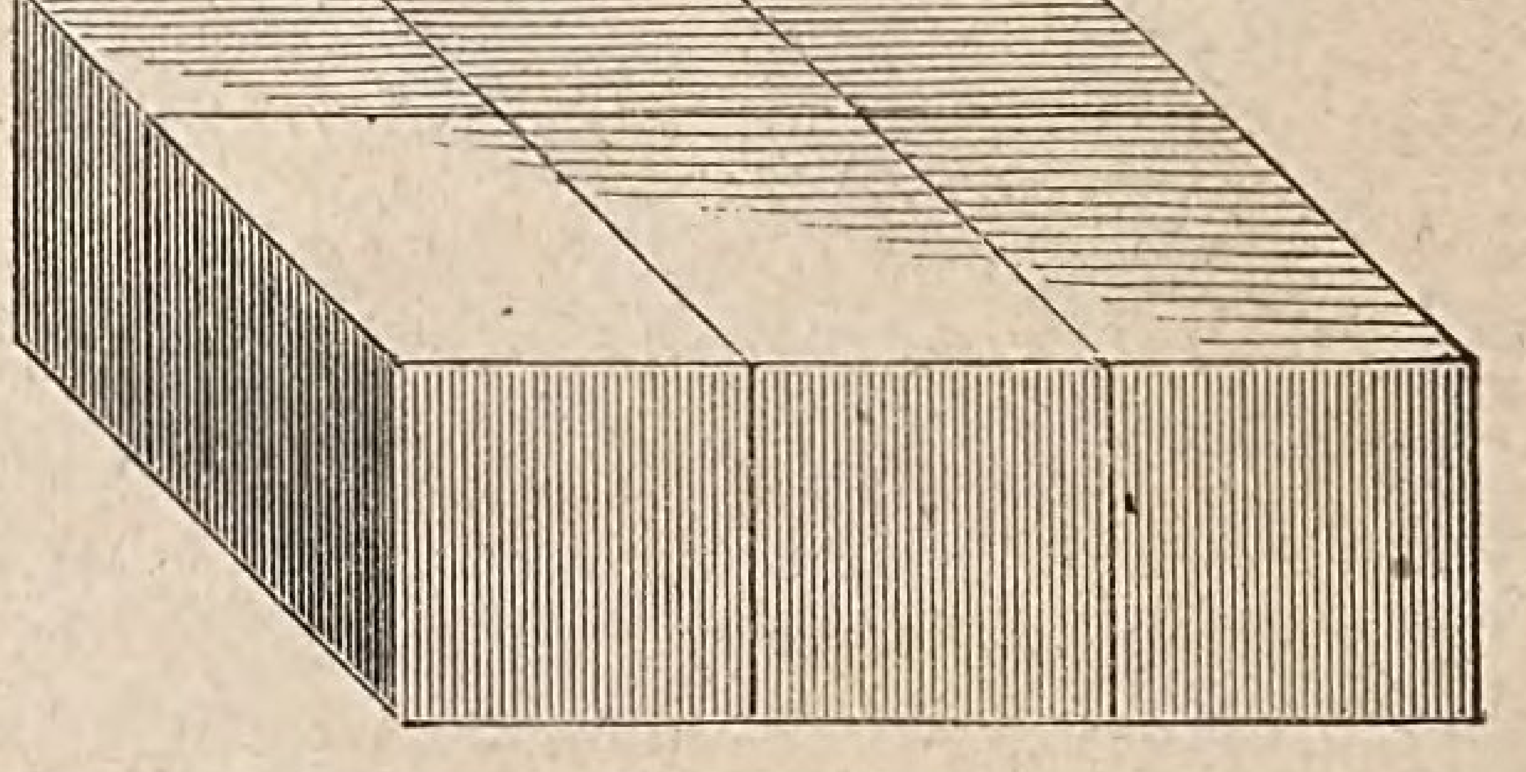
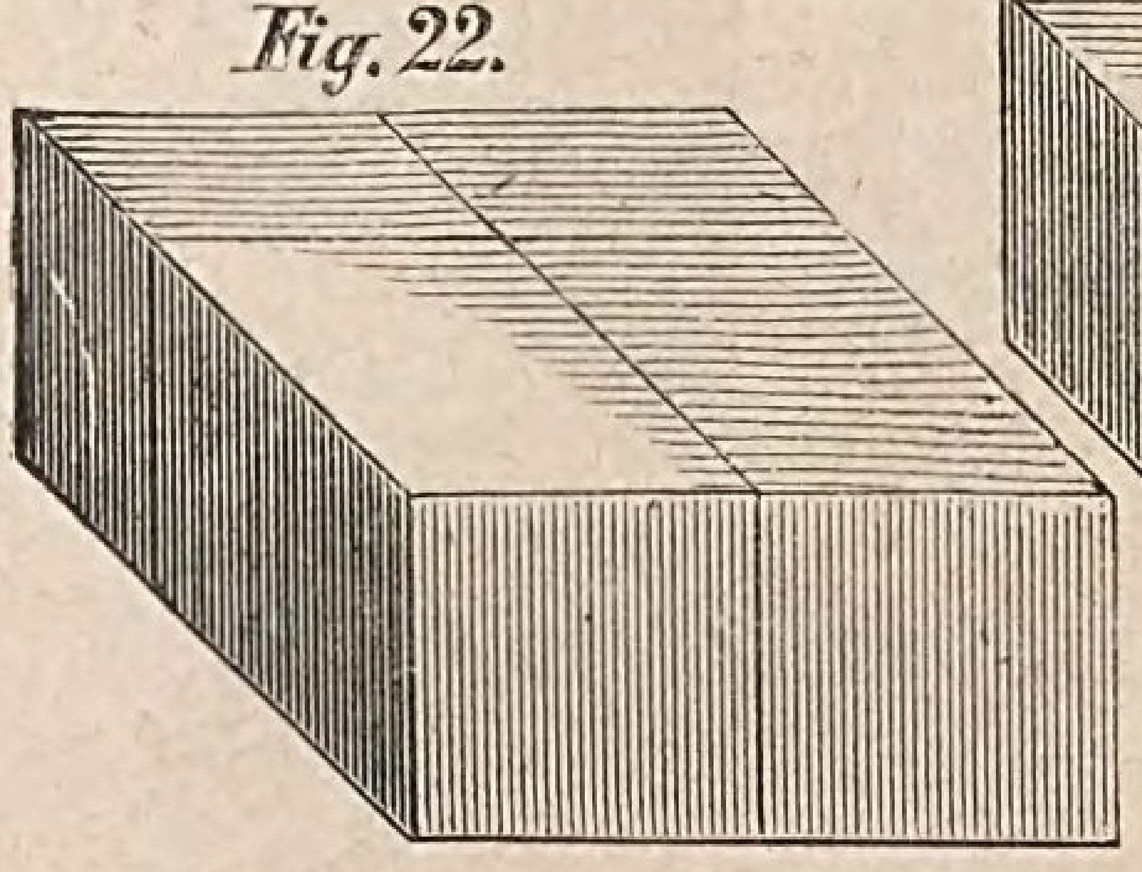
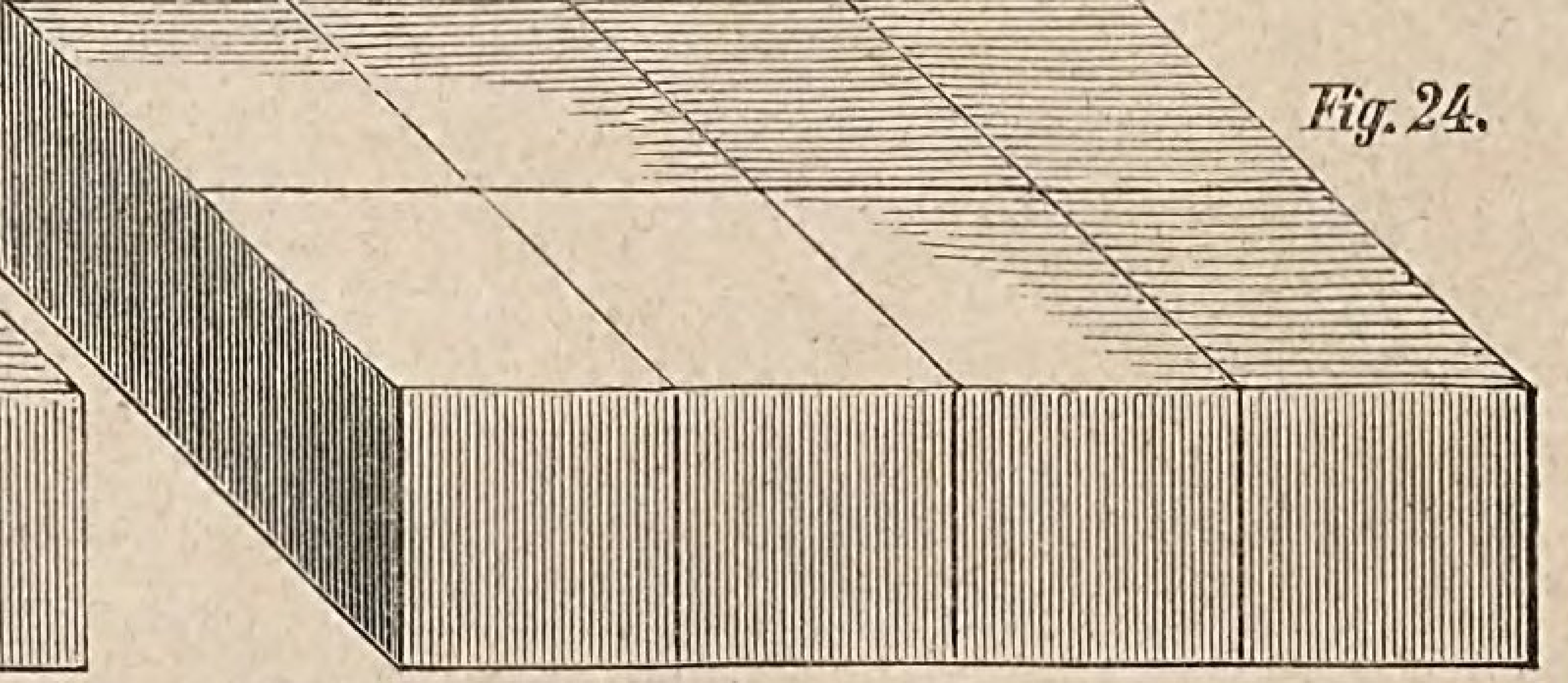
Fig. 23.


Fig. 22.



Fig. 24.

Wir geben in den Fig. 20 bis 24 die entsprechendsten Dimensionen von Hausteinquadern. Fig. 20 ist die der größten Belastung ent=

sprechende Würfelform für schwerbelastete Pfeiler. Bei Fig. 21 ist die Länge und Breite 1 ½ mal so groß als die Höhe; ein Verhältniß, durch welches eine größere Stabilität als beim Würfel erreicht wird, und zugleich ein besserer Verband der Steine zu Mauerwerk hergestellt werden kann. In Fig. 22 beträgt die Länge das Doppelte der Höhe und die Breite ist 1 ½ mal größer; diese Abmessungen entsprechen den Sandsteinquadern von mittlerer Festigkeit und anderen Steinen von ähnlicher Festigkeit und nicht sehr großer Härte am besten. Fig. 23 gibt das Verhältniß für Steine von mittlerer Härte; die Länge beträgt das Dreifache der Höhe und die Breite das Doppelte. Für harte Steine, als Granit, Marmor u. s. w. gibt Fig. 24 die entsprechendsten Dimensionen; die Länge ist viermal und die Breite doppelt so groß als die Höhe.

Dritter Abschnitt.

Von dem Bearbeiten, dem Transport und dem Versetzen der Hausteine.

Die verschiedenen Manipulationen, welche bei der Bearbeitung der Hausteine vorkommen, durch Worte ausführlich lehren zu wollen, würde von geringem Nutzen sein, und es muß dieß, so wie überhaupt alle Unterweisung in Dingen, zu deren Erlernung eine längere Uebung und besondere Handgeschicklichkeit erforderlich ist, dem Werkplatz überlassen bleiben. Wir werden uns darauf beschränken, die Bearbeitung der Hausteine zu einfachen, rechtwinkelig begrenzten Quadern nur in soweit zu beschreiben, als es für denjenigen Kreis der Leser unseres Handbuches, welcher die praktische Erlernung der Kunst des Steinmetzen nicht beabsichtigt, geradezu erforderlich ist, um das Verfahren im Allgemeinen und die dabei in Anwendung kommenden üblichen Werkzeuge kennen zu lernen. Wir werden bei unserer Beschreibung annehmen, daß die Hausteine als Quader auf allen Seiten rechtwinkelig und eben bearbeitet werden sollen, und setzen dabei Sandstein voraus, welcher am leichtesten sich bearbeiten läßt.

Das Aufbänken.

Vor der Bearbeitung wird der Stein auf dem Werkplatze aufgebänkt. Das Aufbänken besteht darin, daß man den Stein durch Un-

terlagen in die zur Bearbeitung geeignete Stellung und soviel über den Boden bringt, daß der Steinhauer die Arbeit stehend oder sitzend vornehmen kann. Zum Aufheben bedient sich der Arbeiter eines Hebels von Eisen, des sogenannten Hebeeisens, und der Winde. Das Hebeeisen, welches je nach der Größe und Schwere der Steine, in verschiedenen Längen und Stärken angewendet wird, ist, wie das Pfahleisen nach oben verjüngt, hat aber an dem stärkeren Ende keine Spitze, sondern eine flache keilförmige Gestalt, wie aus Fig. 25, welche das Eisen von der Seite und Fig. 26, welche dasselbe von vornen darstellt, zu ersehen ist. Dasselbe wird als einfacher Hebel nach Fig. 27 mit dem Stützpunkte a, dem Angriffspunkt der Last b und dem Angriffspunkt der Kraft c, oder als zweiarmiger Hebel nach Fig. 28, mit dem Stützpunkt a auf der Unterlage, dem Angriffspunkt der Last b und dem Angriffspunkt der Kraft c angewendet. Kann mit einem langen Hebeeisen, wenn es nach Fig. 28 als zweiarmiger Hebel gebraucht wird, schon eine beträchtliche Last gehoben werden, weil dabei die Arbeiter mit ihrem ganzen Gewichte von dem Angriffspunkte der Kraft c abwärts drückend wirken können, und zu der Kraft der Arbeiter noch das Gewicht des Hebeeisens von dem Stützpunkte a bis zu dem Angriffspunkte der Kraft c zugerechnet werden kann; so

Fig. 25.

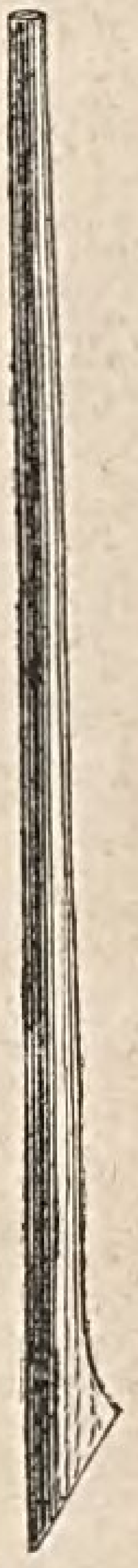


Fig. 26.

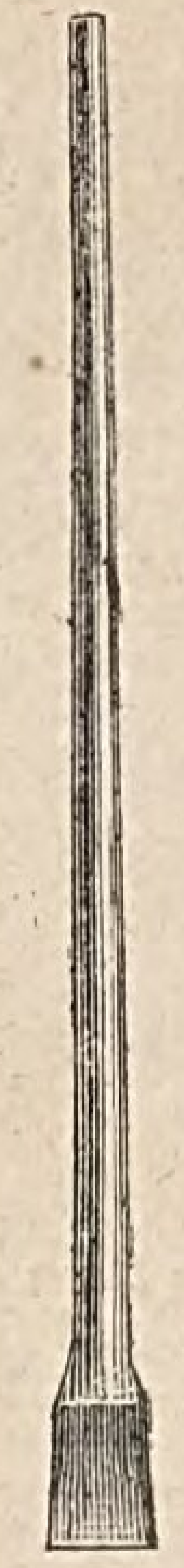
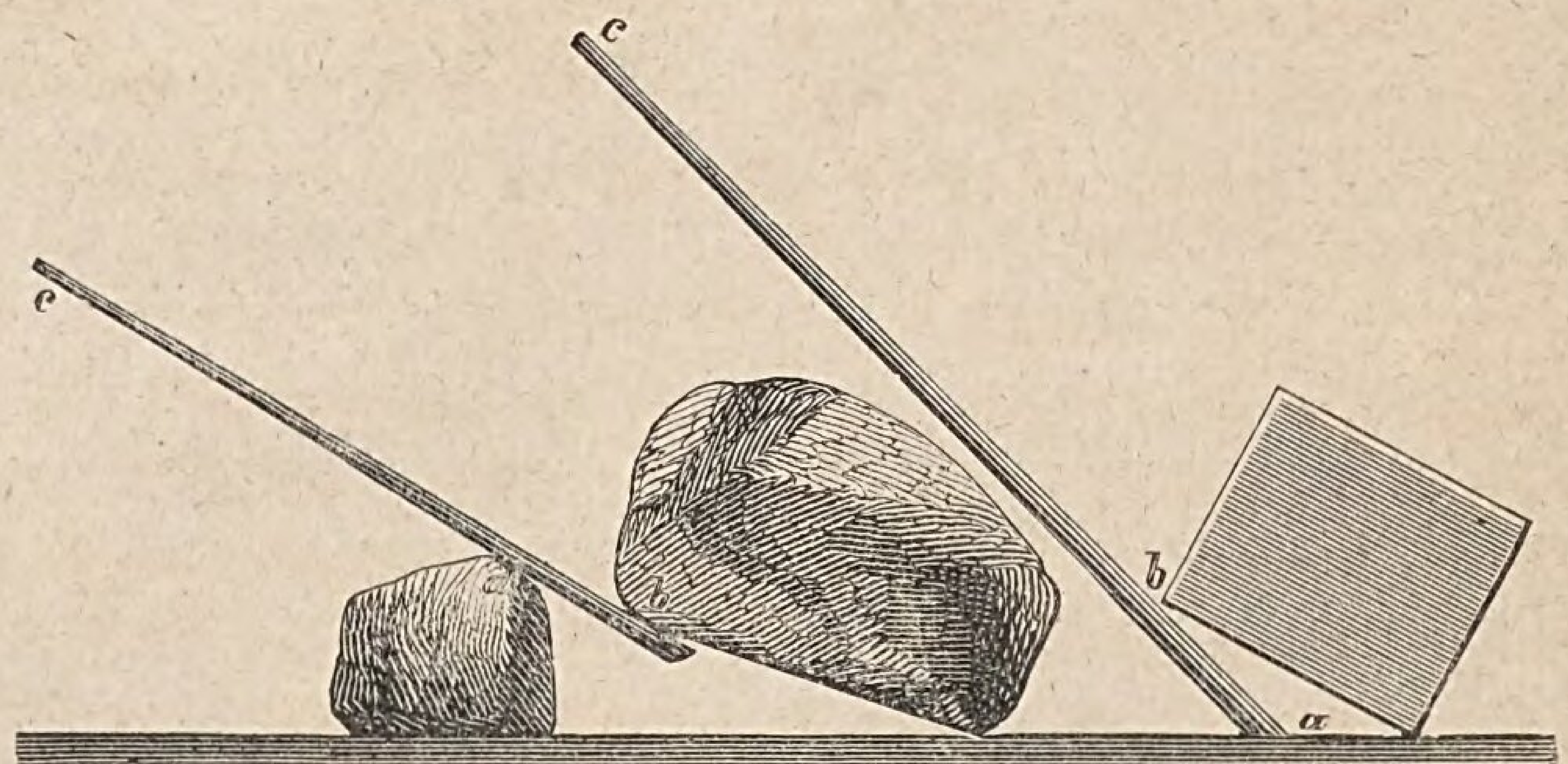


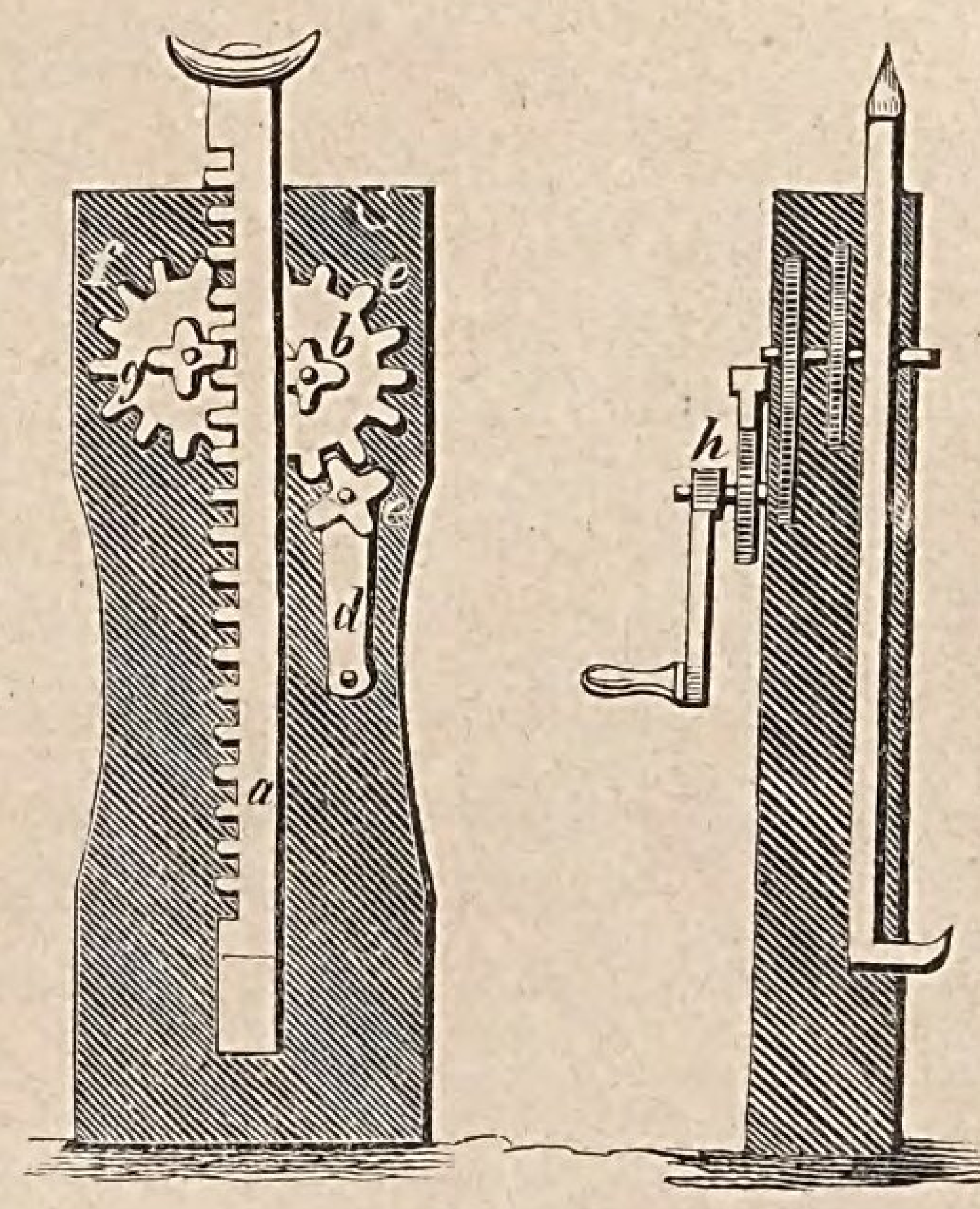
Fig. 27. Fig. 28.



reicht es doch zum Heben sehr großer Lasten um deßwillen nicht aus, weil das Eisen zu kurz ist und an demselben die dazu erforderliche Anzahl von Arbeitern keinen Platz findet.

Zum Heben sehr schwerer Steine wird die in Fig. 29 dargestellte Winde angewendet. In einem hölzernen Gehäuse befindet sich ein etwa 2″ breiter und $^3/_4$″ dicker eiserner Stab, welcher oben mit einer eisernen Klaue versehen und unten nach Außen zu einem Haken, welcher im rechten Winkel vortritt, umgebogen ist. Man hat Winden mit einfachem und solche mit doppeltem Getriebe. Bei den Winden mit einfachem Getriebe wird die gezahnte Zugstange a durch ein Stirnrad c und ein Geeriebsrad b, welche durch eine Kurbel d in Bewegung gesetzt werden, gehoben. An Winden mit doppeltem Getriebe sind außer den angeführten zwei Rädern noch zwei andere angebracht, von denen das Rad f in das kleine Rad b eingreift und das Rad g erst zum Bewegen der Zugstange bestimmt ist. An beiden Winden ist außerhalb des Gehäuses, zur Verhütung des Zurücksinkens der gehobenen Last, ein Sperrrad h nebst Sperrhaken angebracht. Bei der Anwendung der Winden werden die zu hebenden Steine zuerst mit dem unteren Haken gefaßt und durch das Aufwinden der Zugstange auf eine solche Höhe gehoben, bis unter den durch Unterlagen in seiner Lage erhaltenen Stein die am oberen Ende der Zugstange befindliche Klaue angesetzt werden kann. Durch Untersätze von Holz, welche zwischen der Klaue und dem zu hebenden Stein angebracht werden, kann die Hubhöhe nach Belieben vermehrt werden.

Fig. 29.

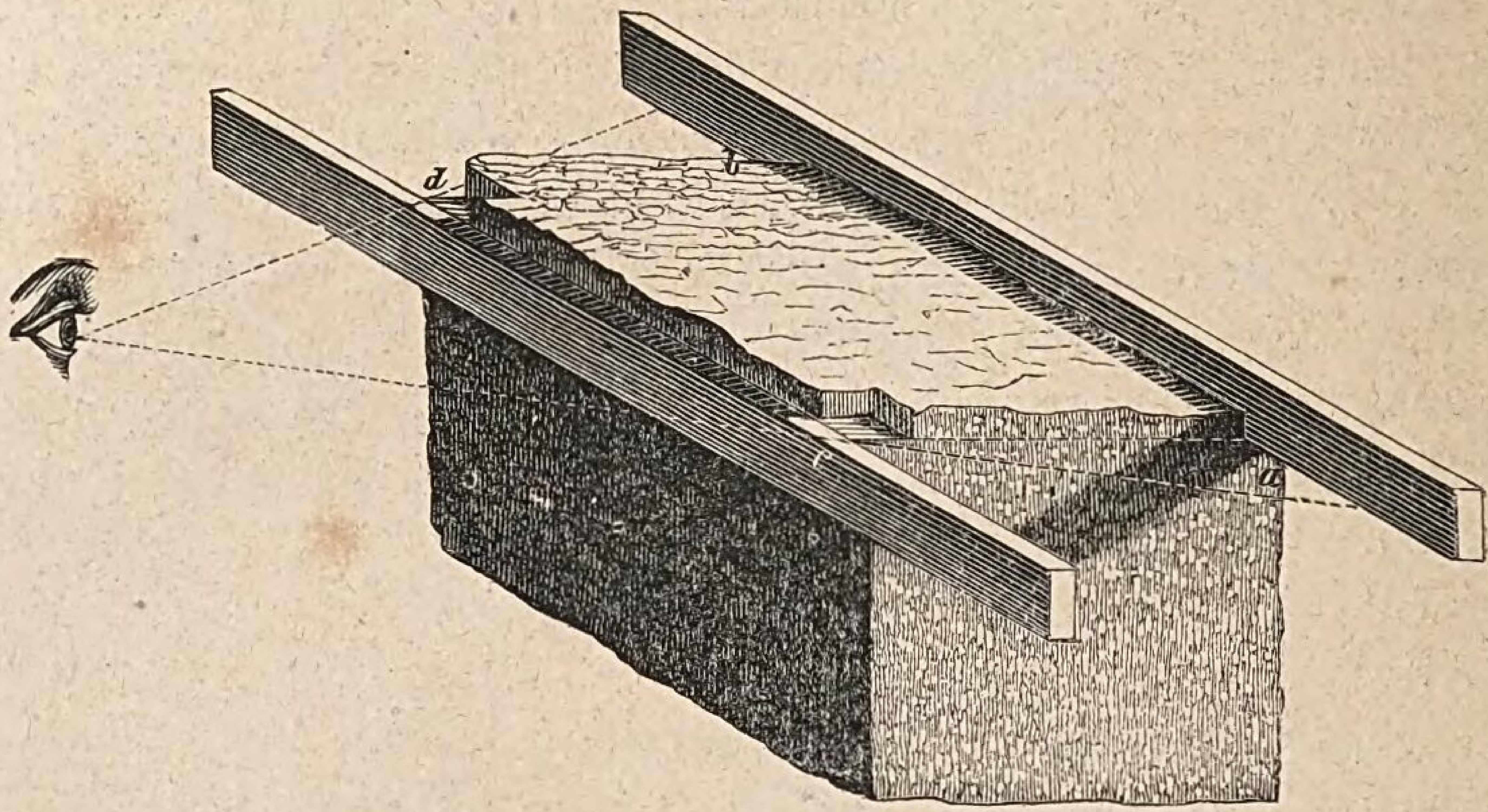


Das Bearbeiten.

Ist der Stein aufgebänkt, so beginnt der Steinhauer dessen Bearbeitung damit, daß er an einer der langen Seiten des Lagers, nach einer mit dem Rothstift, welcher am besten aus faserigem Rotheisenstein besteht, nach dem Richtscheit vorgerissenen Linie, einen geraden Schlag macht. Der Schlag besteht aus einer schmalen Fläche, von der Breite der Schneidbahn des dazu angewendeten Meisels, welcher auch Schlageisen genannt wird. Ein auf den Schlag gelegtes Richtscheit muß genau anschließen, und es dürfen unter dem Richtscheite keine Vertiefungen vorkommen. Ist der erste Schlag ganz geebnet, so wird ein Richtscheit

darauf gestellt und auf der gegenüberliegenden langen Seite des Steins ein zweites Richtscheit so einvisirt, daß die Oberkante des angelegten mit der Unterkante des auf den Schlag gestellten Richtscheits in eine Ebene fällt, wie dieß aus der Fig. 30 ersehen werden kann. Ist das

Fig. 30.



angelegte Richtscheit richtig einvisirt, so wird an der Oberkante desselben eine Linie vorgerissen, nach welcher dann der zweite Schlag gemacht wird. Von den Enden der an den beiden langen Seiten eingearbeiteten Schläge werden nun nach angelegtem Richtscheite gerade Linien an den schmalen Seiten vorgerissen und nach diesen ebenfalls zwei Schläge bearbeitet. Diese vier Schläge liegen nun genau in einer Ebene, und dienen dazu, daß bei der Bearbeitung der Lagerfläche des Steins die Richtigkeit der Arbeit dadurch geprüft werden kann, daß man das Richtscheit nach verschiedenen Richtungen über die zu bearbeitende Fläche führt und mit der Abarbeitung der Unebenheiten so lange fortfährt, bis das Richtscheit nach jeder Richtung genau auf zwei der ringsum gearbeiteten Schläge und auf der bearbeiteten Fläche aufliegt. Ist dieses der Fall, so bildet die bearbeitete Fläche eine Ebene.

Ist die Bearbeitung der ersten Lagerfläche beendet, so wird der Stein so umgekantet, daß ein Haupt der langen Seite nach Oben zu liegen kommt, und auf diesem an beiden Enden ein Schlag gemacht, welcher auf der zuerst bearbeiteten Lagerfläche senkrecht steht.

Die senkrechte Richtung der Schläge wird nach Fig. 31 durch ein Winkeleisen bestimmt, welches man mit dem langen Schenkel an der bereits bearbeiteten Lagerfläche anschlägt und nun nach dem kurzen Schenkel die Linie für den Schlag an dem zu bearbeitenden Haupte vorreißt.

Fig. 31.

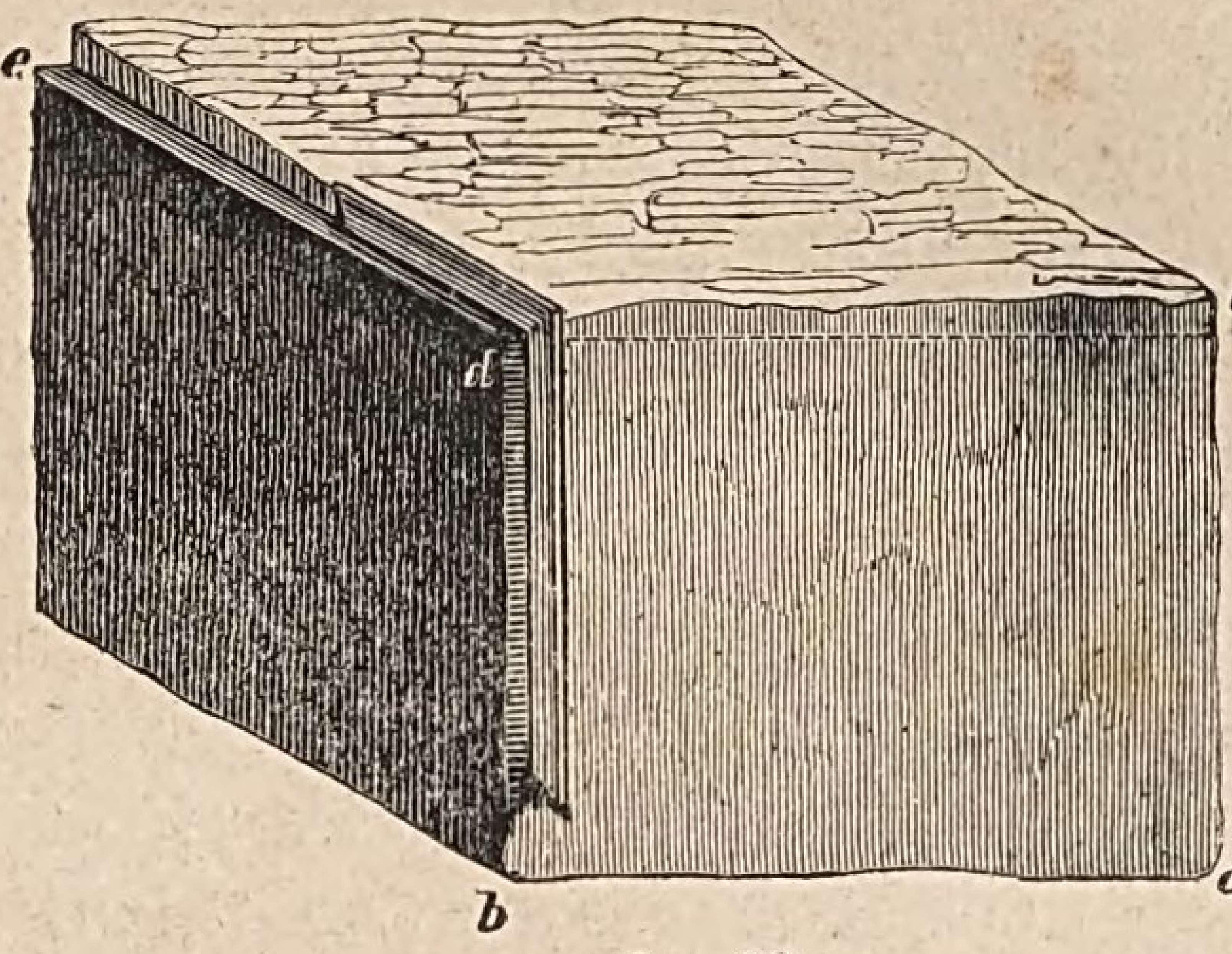
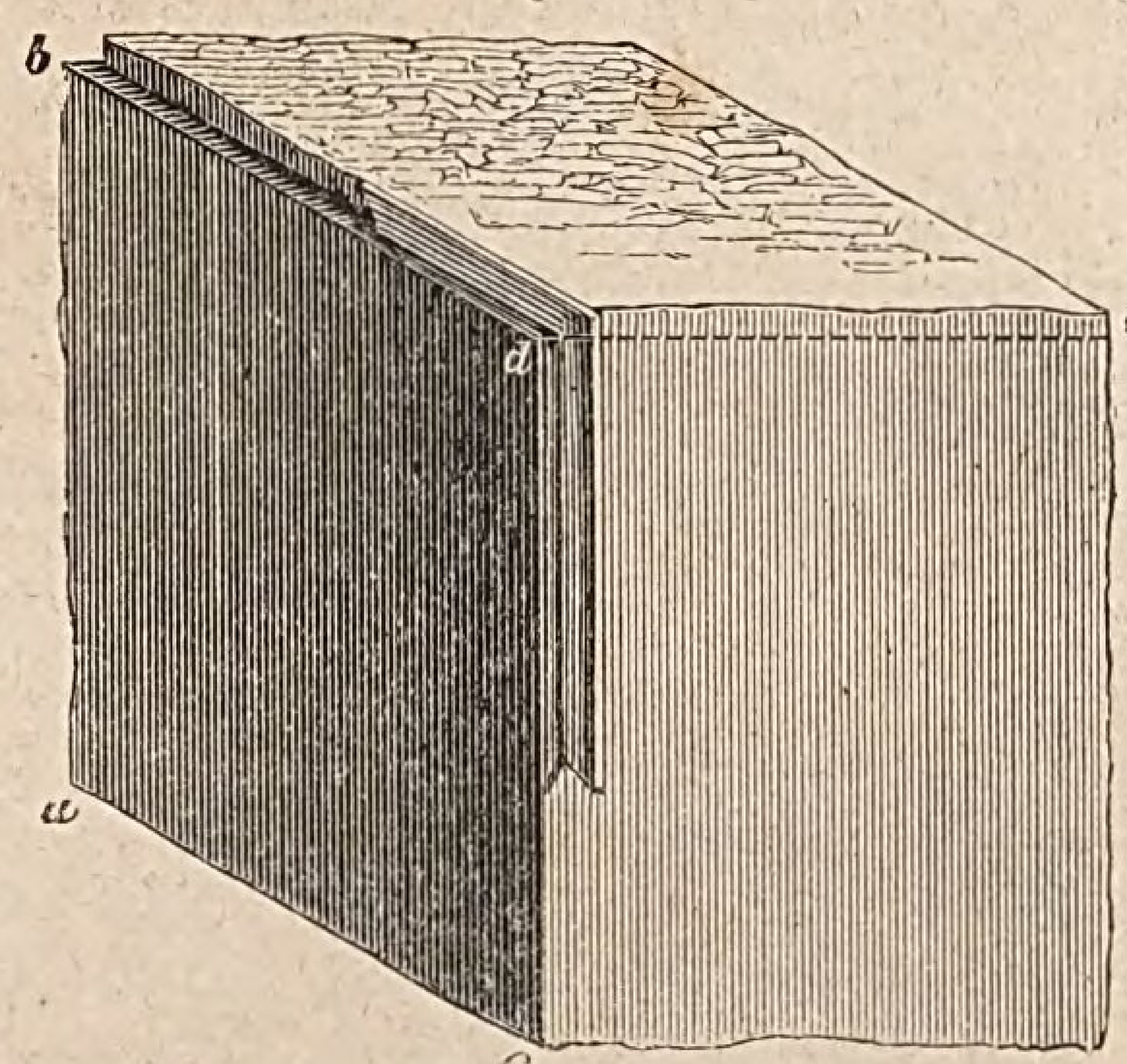


Fig. 32.



Nachdem die zweite Fläche ganz wie die erste bearbeitet ist, wird, zur Bildung einer rechtwinkeligen körperlichen Ecke, eine dritte Fläche bearbeitet, welche mit den beiden ersten rechtwinkelig zusammen stößt. Die auf dieser dritten Fläche zu fertigenden Schläge müssen nach Fig. 32 rechtwinkelig auf der zweiten Fläche stehen, zugleich aber auch in der Richtung der in ab angegebenen Begrenzungslinie liegen, sonach ebenfalls senkrecht auf der ersten stehen. Sind diese drei Flächen des Steins bearbeitet, so können dann, unter Anwendung des Winkels, die Abmessungen desselben nach der Länge, Breite und Höhe aufgetragen, und es kann darnach der Stein vollendet werden.

Wir haben angenommen, daß alle Flächen des Steins eben bearbeitet werden sollen. Dieß ist jedoch nicht immer der Fall, vielmehr bleiben zuweilen einzelne Flächen zwischen den Schlägen rauh stehen. Rauh stehen bleibende Theile nennt man Bossen und das rauhe Bearbeiten, wie es zur Erleichterung des Transports im Bruche vorgenommen wird, nennt man das Bossiren.

Wird das angegebene Verfahren zur Bearbeitung rechteckiger Steine ausschließlich angewendet, so ist es dagegen nicht geeignet, wenn Steine in ihren Seitenflächen nach anderen Figuren bearbeitet werden sollen. Sind die zu bearbeitenden Flächen gekrümmt, geradlinig gebrochen oder aus geraden und krummen Linien zusammengesetzt, so bedient man sich zur Bestimmung der Form der Seitenflächen der Lehrbretter oder Chablonen und nennt diese Art nach Chablonen zu arbeiten, das Abbretten.

Die Chablonen sind die in natürlicher Größe gezeichneten, auf eine gegebene Ebene bezüglichen Seiten des Steins, welche, aus Blech, Holz

oder Pappdeckel geschnitten, zur Bearbeitung so benützt werden, daß man sie auf die entsprechende Fläche legt und mit Rothstein nach den Conturen auf den Stein nachzeichnet.

Die Bearbeitung der Seitenflächen der Steine ist je nach der Genauigkeit oder den verschiedenen Anforderungen in Bezug auf das Ansehen sichtbarer Steinflächen, sehr verschieden. Die Benennung dieser verschiedenen Arten der Bearbeitung ist zum Theil französischen Ursprungs und erstreckt sich, wie dieß auch bei den ursprünglich deutschen Benennungen der Fall ist, auf die dabei in Anwendung kommenden Werkzeuge, welche der Bearbeitung entsprechende Namen haben. Bei mancher Bearbeitung ist der Name der Arbeit von dem Werkzeuge entlehnt. Wir werden die verschiedenen Arten der Bearbeitung in Kürze beschreiben und dabei der dazu erforderlichen Werkzeuge gedenken.

a. Der Schlag ist, wie bereits erwähnt, ein schmaler, ebener Streifen, nach welchem der Steinhauer sich bei der Bearbeitung ebener Flächen richtet. Zur Herstellung dient das Schlageisen, welches in Fig. 33 von vorne gesehen und in Fig. 34 von der Seite gesehen dargestellt ist. Dieses Eisen ist 7 bis 8 Zoll lang, etwa $^3/_4$ Zoll im Quadrat stark und hat unten eine 1 bis $1\,^1/_2$ Zoll breite Schlagbahn. Es wird dieses Eisen von dem Arbeiter mit der linken Hand unter einem stumpfen Winkel auf die zu bearbeitende Fläche aufgesetzt und vermittelst eines hölzernen Schlägels von von der rechten zur linken Seite eingetrieben. Der hölzerne Schlägel, welcher Klöpfel oder Klippel genannt wird, hat nach Fig. 35 eine annähernd halbkugelförmige Gestalt und besteht nebst dem Stiele aus einem festen und zähen Holze, am besten aus Weißbuchenholz. Er dient dem Steinhauer zum Treiben aller Meisel bei der Bearbeitung von Sandsteinen und anderen nicht sehr festen Steinarten.

Fig. 33.

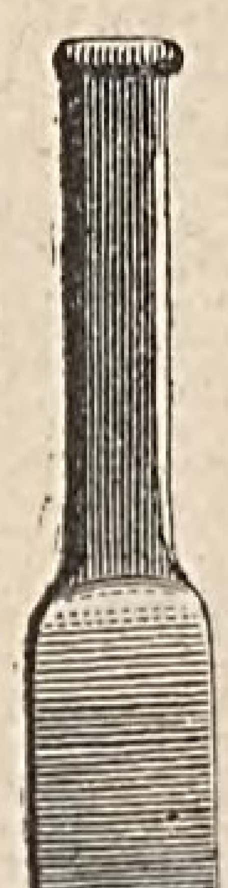


Fig. 34.

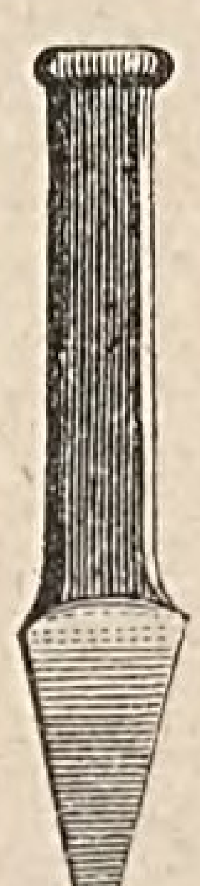
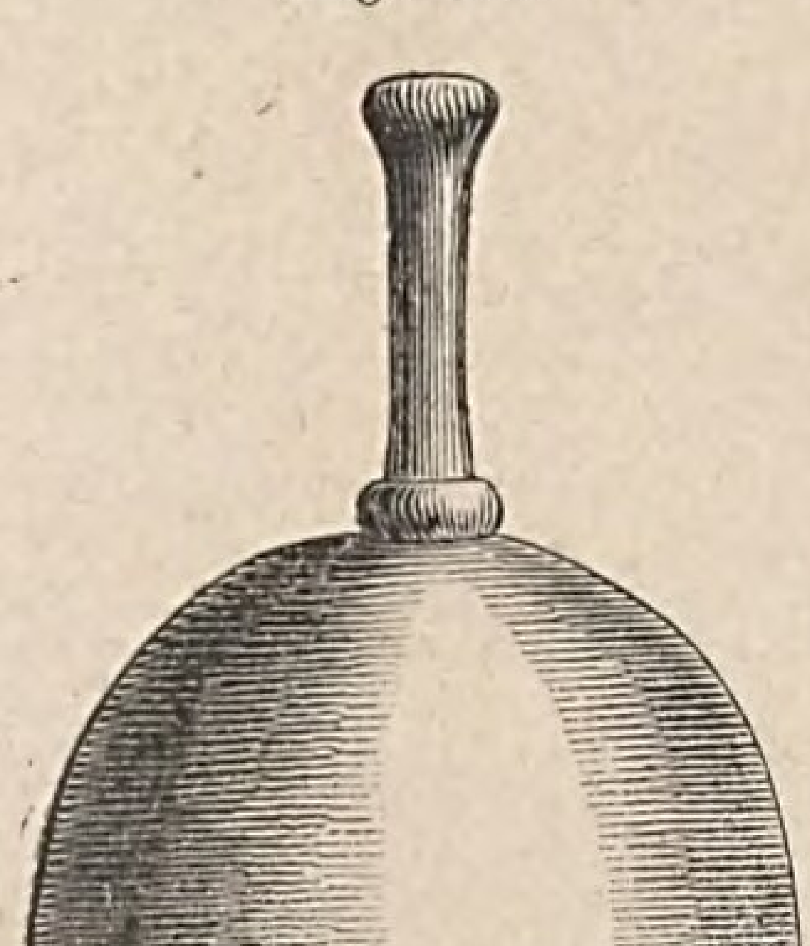
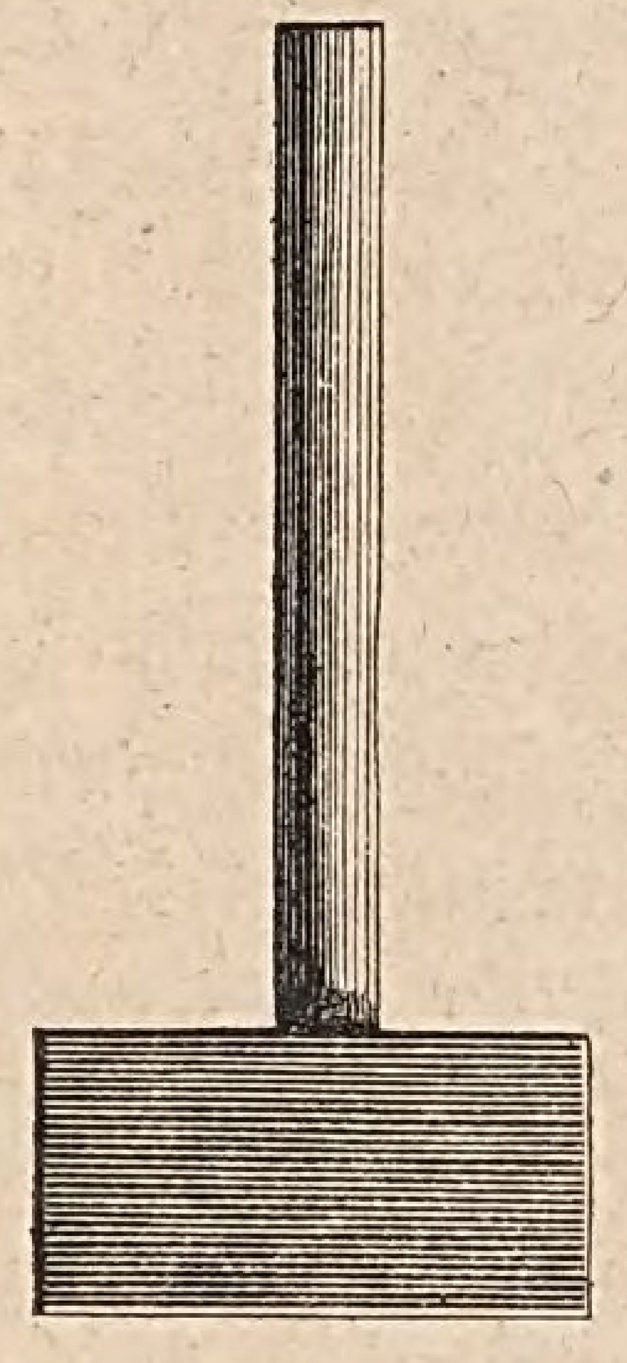


Fig. 35.



Bei der Bearbeitung des Marmors, Granits und aller sehr festen Steine, wird zum Treiben der eiserne Schlägel, welcher in Fig. 36 von der Seite und in Fig. 37 von oben gesehen dargestellt ist, angewendet. Der eiserne Hammer ist 4 bis

Fig. 36.



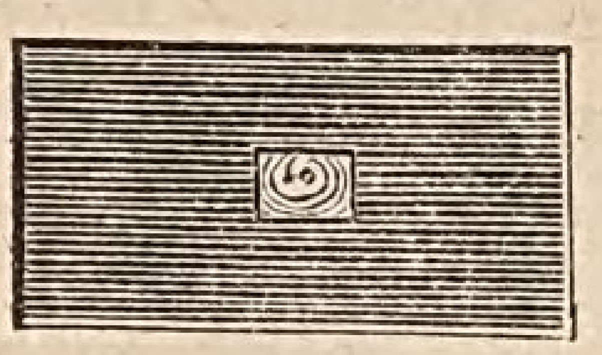
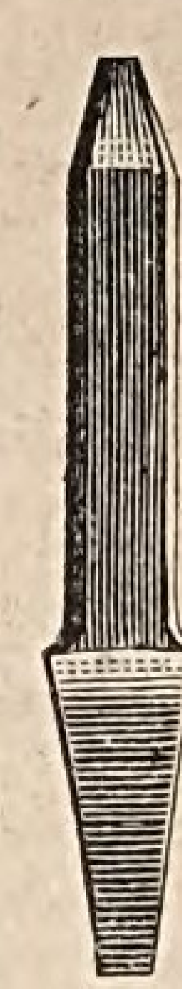


Fig. 37.

Fig. 38. Fig. 39.





5 Zoll lang, $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll im Quadrat stark, und hat zur Führung einen hölzernen Stiel von etwa 6 Zoll Länge.

Bei sehr festen Steinen werden schmale Schläge gefertigt, und es dient dazu das Beitzeisen, welches in Fig. 38 und 39 in der vorderen und Seitenansicht dargestellt, sich von dem Schlageisen nur dadurch unterscheidet, daß es weniger stark ist, eine schmälere Schneidbahn hat, und nach dem Kopfe verjüngt ist. Es ist etwa 6 Zoll lang und $\frac{1}{2}$ Zoll im Quadrat stark. Die Schneidbahn wird um so schmäler, je fester der zu bearbeitende Stein ist.

b. Das Abbossiren oder Bossiren, worunter man die erste Bearbeitung des Steins aus dem Rohen versteht, wird mit zugespitzten Werkzeugen vorgenommen, welche zum Absprengen kleinerer oder größerer Steinstücke geeignet sind. Die Zweispitze, welche wir in Fig. 40 und 41 in der Ansicht und im

Fig. 40.

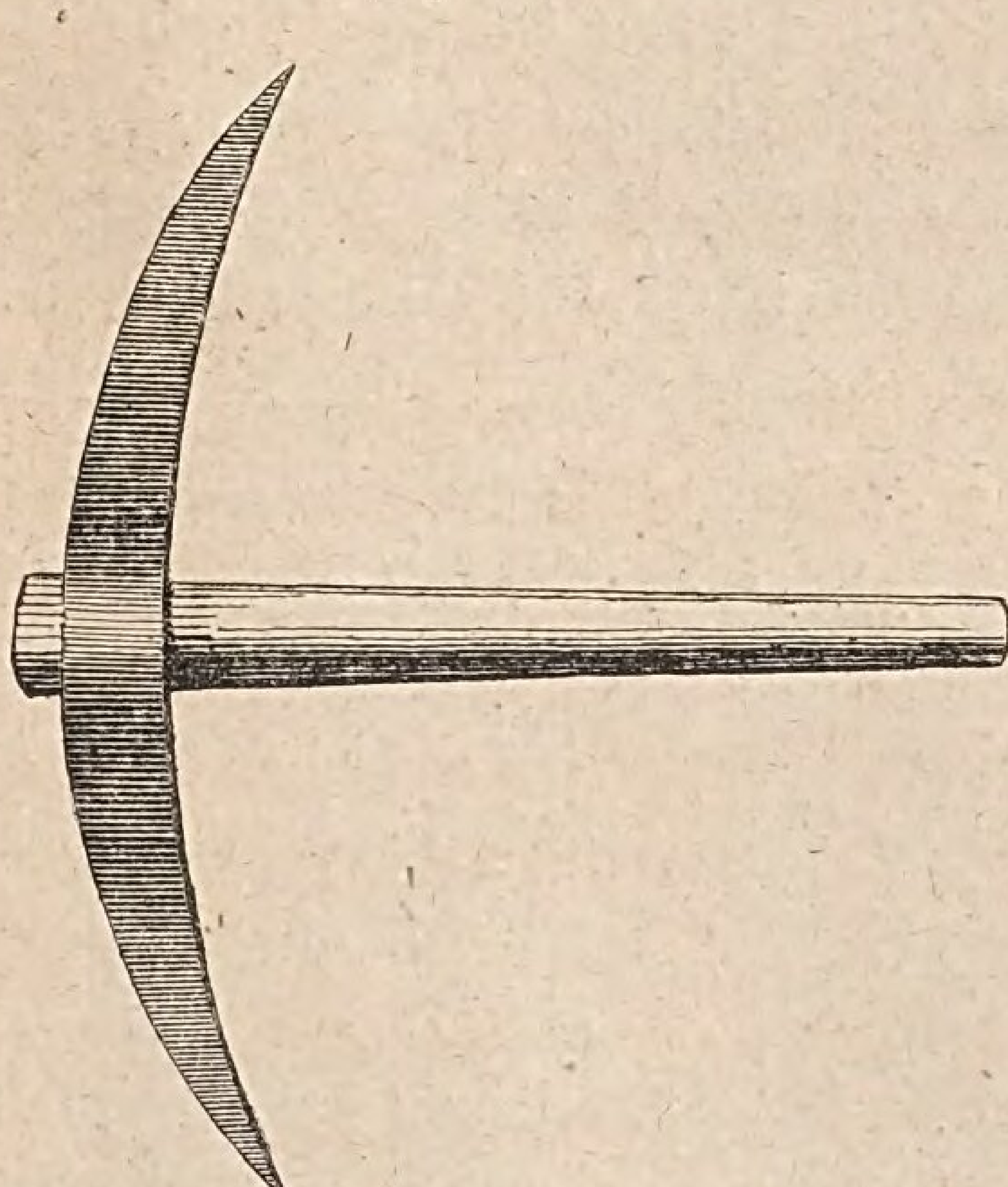


Fig. 41.



Fig. 42.

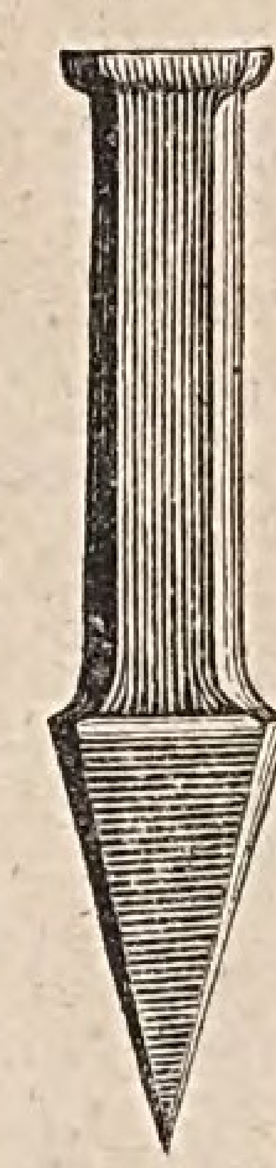




Fig. 43.

Grundrisse dargestellt haben, wird mit zwei Händen als Hammer geführt. Der Hammer endigt zu beiden Seiten mit abwärts geneigten, vierkantig bearbeiteten Spitzen, ist im Ganzen 15 bis 17 Zoll lang und

hat einen nach oben verstärkten hölzernen Stiel von etwa 12 Zoll Länge. Das Spitzeisen geben wir in Fig. 42 in der auf den vier Seiten gleichen Ansicht, und in Fig. 43 im Grundrisse. Dieser Meisel mit vierkantig bearbeiteter Spitze ist 6, 8 bis 10 Zoll lang und etwa 1 Zoll im Quadrat stark. Der verstärkte Kopf weist darauf hin, daß dieses Eisen mit dem hölzernen Klippel getrieben wird.

c. Das Flächen. Das Flächen besteht in einem unvollkommenen Ebenen der Steinflächen nach dem Bossiren. Es dient dazu die, in Fig. 44 von der Seite und in Fig. 45 von vorne dargestellte Fläche. Die Fläche ist ein eiserner Hammer, welcher an beiden Enden Schneidbahnen hat. Der Hammer ist im Ganzen 8 bis 10 Zoll lang, die Schneiden sind 3 bis 4 Zoll breit, und der nach dem Ohr des Hammers verstärkte hölzerne Stiel hat eine Länge von 12 bis 15 Zollen.

Fig. 44.

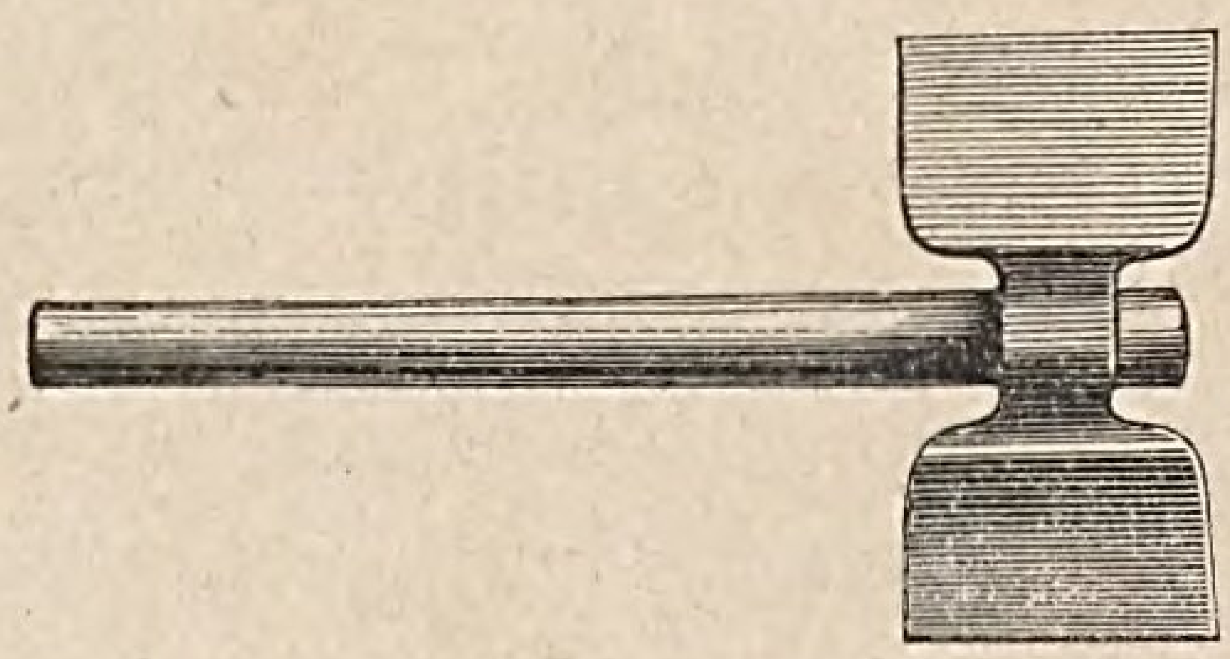


Fig. 45.



Fig. 46.

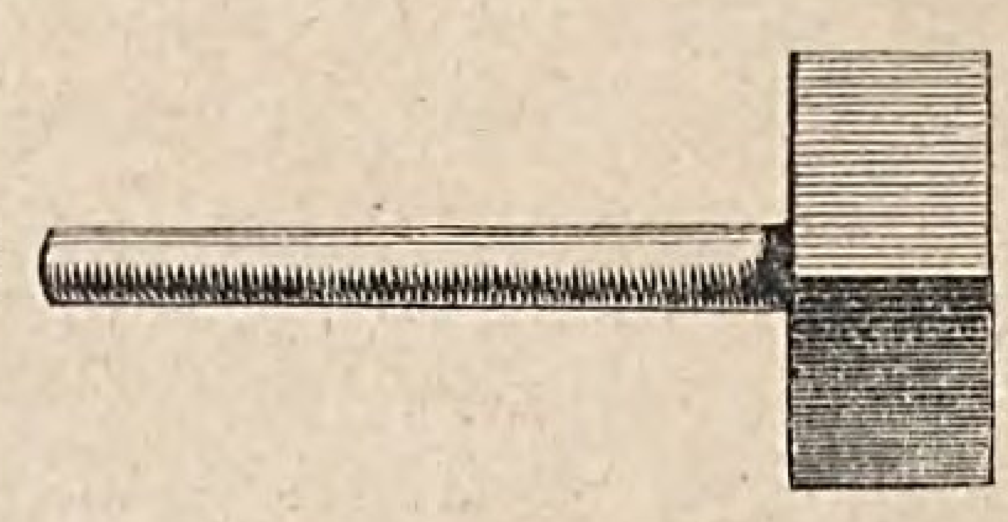
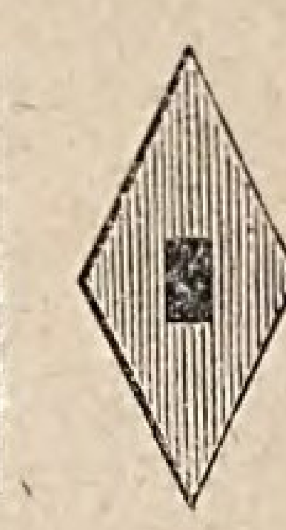


Fig. 47.



Zur Bearbeitung des Granits und anderer sehr festen Steine wird die in Fig. 46 von der Seite und in Fig. 47 von vorn dargestellte kleine Fläche angewendet, welche schmälere Schneidbahnen von 1 ½ bis 2 ½ Zoll Breite und einen hölzernen Stiel von etwa 10 Zoll Länge hat.

d. Das Kröneln. Das Kröneln ist eine Bearbeitung, welche, wie das Flächen, unmittelbar nach dem Bossiren vorgenommen wird. Es dient dazu das Kröneleisen oder kurzweg die Krönel genannt. Die Krönel wird, wie die Fläche, als Hammer geführt und besteht nach Fig. 48 u. 49 aus einem eisernen Stiel, woran oben ein Ohr angebracht ist, in welches senkrecht übereinander eine Anzahl schwache Spitzeisen, welche an be-

Fig. 48.

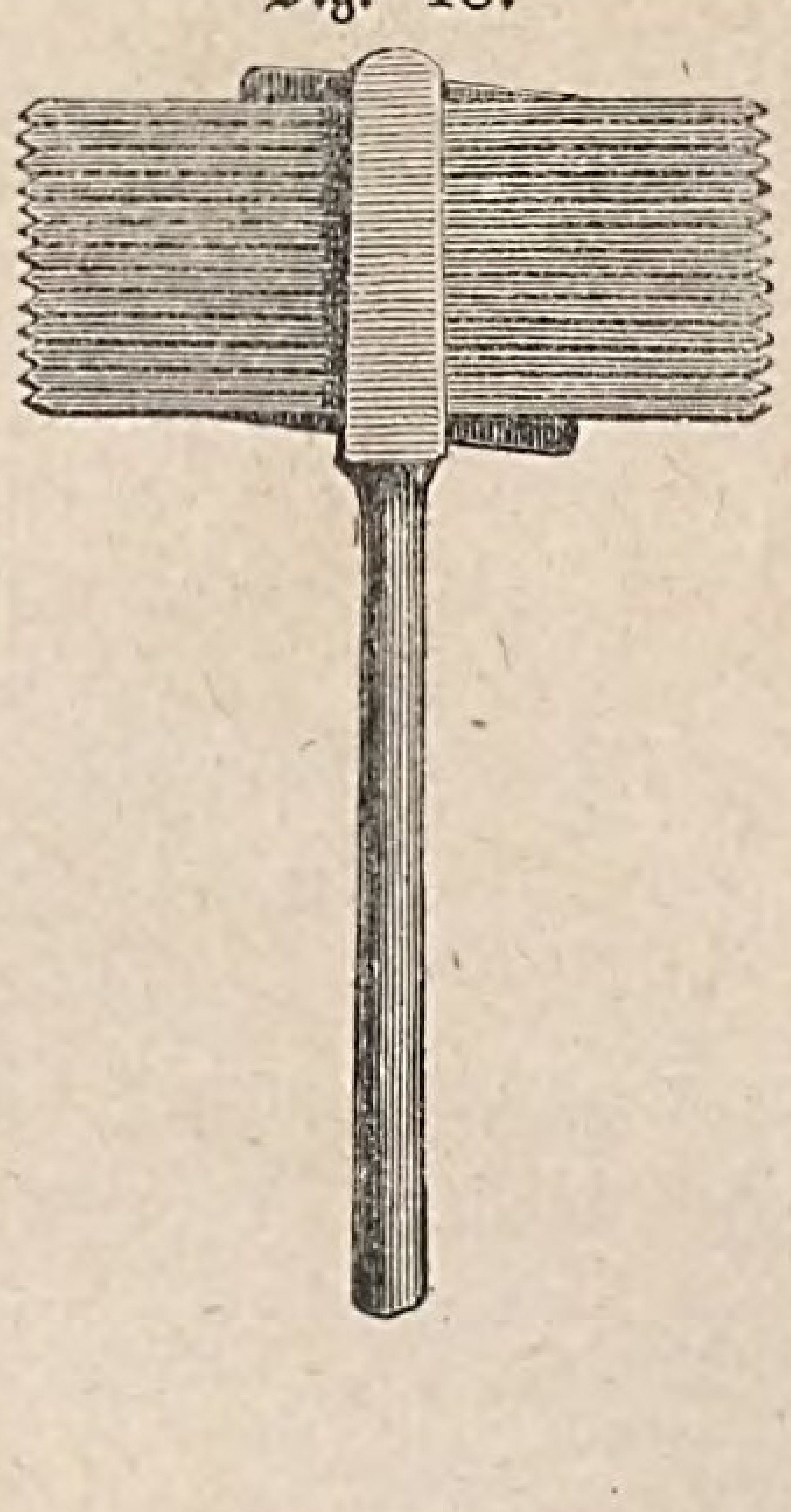
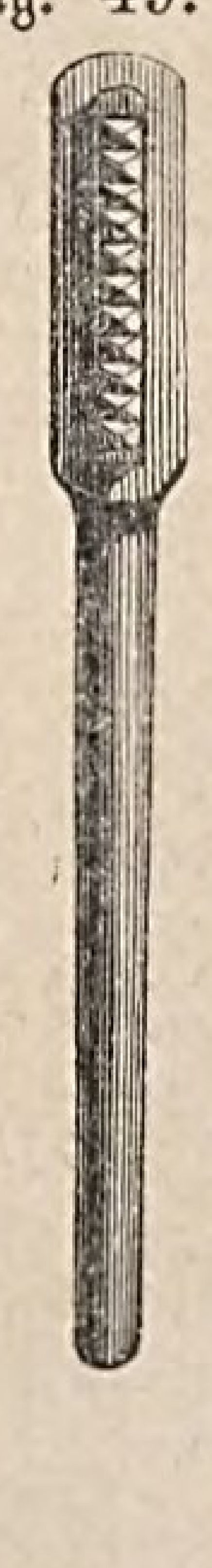


Fig. 49.



den Enden zugespitzt sind, eingesteckt werden, die vermittelst eines Keils in dem Ohr zusammengetrieben und wieder gelöst werden können. Die Spitzeisen müssen eine gleiche Länge und Stärke haben, wenn die Bearbeitung regelmäßig werden soll.

Der Name dieser Arbeit und des dabei angewendeten Werkzeugs stammt aus dem Französischen von grèneller körnen, körnig machen, und von la grènelle, dem französischen Namen des angeführten Werkzeugs.

e. Das Scharriren. Unter Scharriren versteht man eine Bearbeitung der bereits gekrönelten oder geflächten Steinflächen, durch welche alle Unebenheiten vermittelst breiter paralleler Schläge, welche auf die ganze Breite einer Fläche durchgehen, beseitigt werden, so daß nur noch die regelmäßig furchenartigen Streifen als kaum bemerkenswerthe Unebenheiten vorkommen. Das Scharrireisen, welches zu dieser Bearbeitung dient, ist ein Meisel mit breiter Schneidbahn und wird mit dem hölzernen Klippel getrieben. Fig. 50 gibt die vordere und Fig. 51 die Seitenansicht eines Scharrireisens. Der Griff, von der Stärke eines Schlageisens, ist nur 3 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll lang und die Schneidbahn hat eine Breite von $3\frac{1}{2}$ bis 4 Zoll. Bei dem Scharriren, welches man auch das Aufschlagen nennt, werden die Schläge von Stirn- oder Häupterflächen immer senkrecht gegen die Lagerflächen geführt. Der Name der Arbeit ist französischen Ursprungs und ist von la charrue, der Pflug, abgeleitet.

Fig. 50.

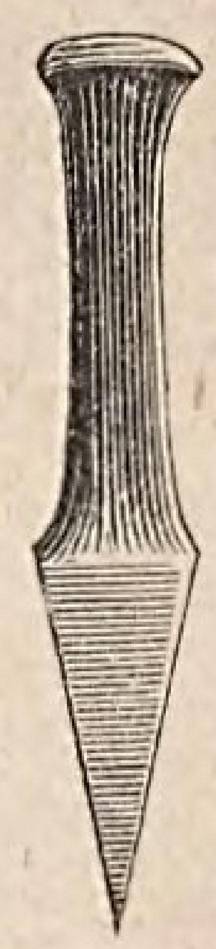
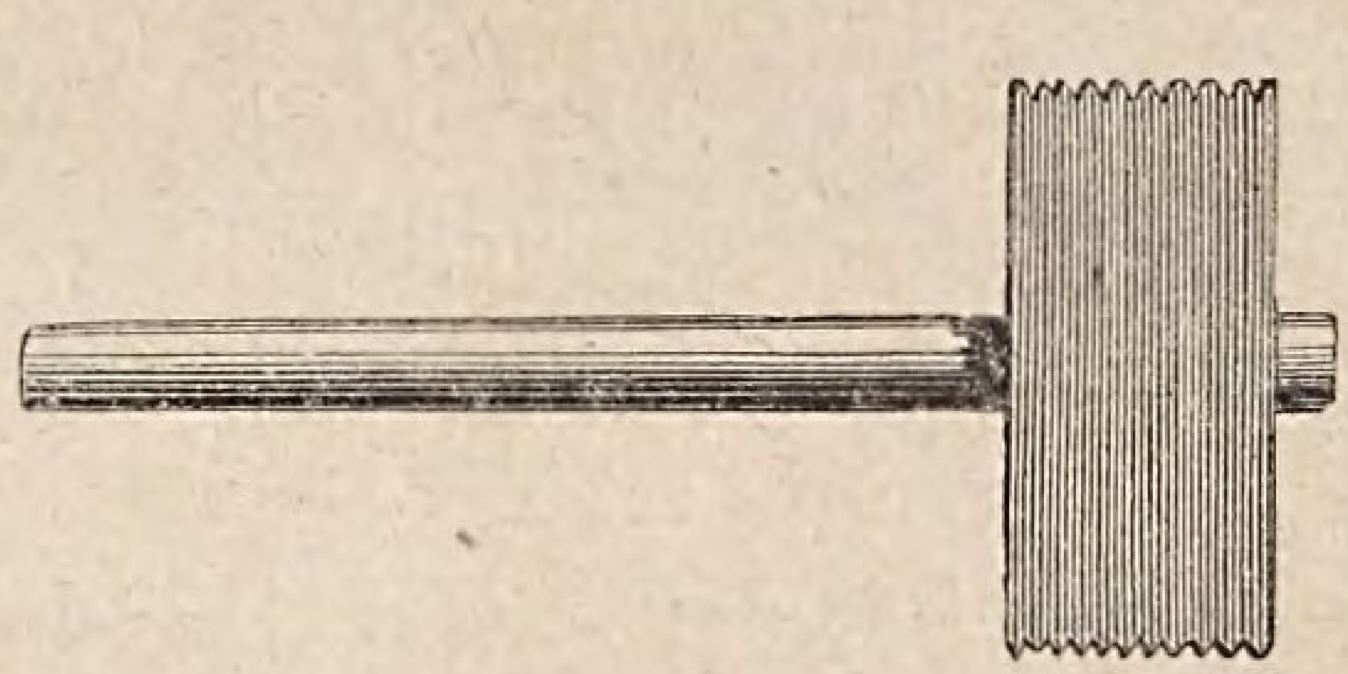
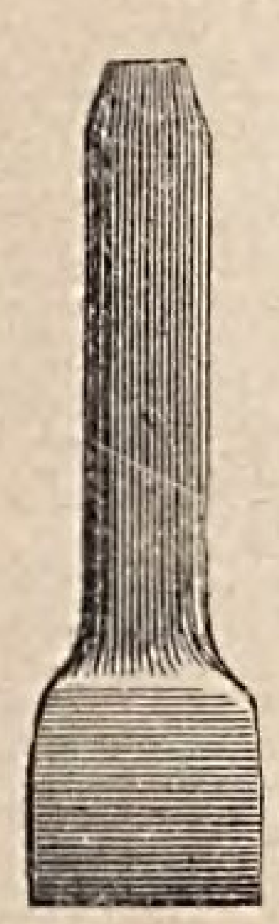
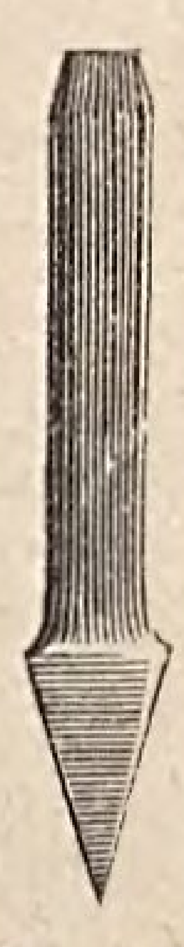
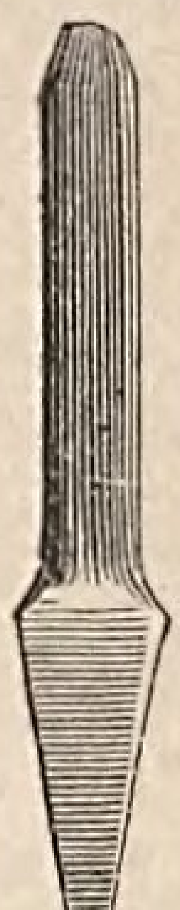
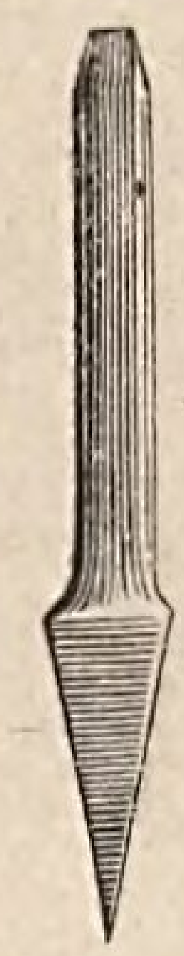

Fig. 51.


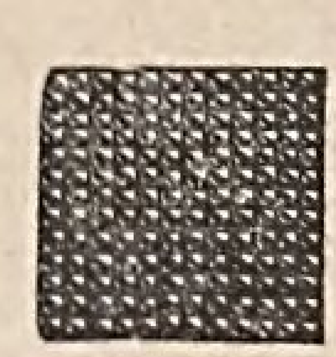
Fig. 52.



Fig. 54.


Fig. 55.


Fig. 56.


Fig. 57.


Fig. 53.

f. Das Stocken. Sollen sehr feste Steine mit gekrönten Flächen bearbeitet werden, so ist dazu das Kröneleisen nicht anwendbar. Nach dem Bossiren mit dem Spitzeisen werden die stärkeren Erhöhungen vermittelst eines Hammers mit flacher aber dabei rauher Schlagbahn, zermalmt, und es wird dadurch zugleich das Körnige der Oberfläche hervorgebracht. Diese Bearbeitung wird das Stocken und der dabei angewendete Hammer der Stock- oder Kraushammer genannt. Fig. 52 stellt die Seitenansicht des Stockhammers und Fig. 53 den Grundriß einer Schlagbahn dar. Derselbe ist etwa 5 Zoll lang, $1\frac{1}{2}$ bis $1\frac{3}{4}$ Zoll im Quadrat stark und hat einen hölzernen Stiel von etwa 7 Zoll Länge, welcher bei der Arbeit mit beiden Händen gefaßt wird.

g. Das Zähneln. Werden bei der Bearbeitung sehr fester Steine nach dem Bossiren, die Unebenheiten in schmalen Streifen abgesprengt, so nennt man diese Bearbeitung das Zähneln. Die zu dieser Arbeit in Anwendung kommenden Meisel mit gezahnter Schneidbahn werden Zahneisen genannt. Die Zahneisen, Fig. 54 und 55, welche mit dem eisernen Schlägel getrieben werden, haben eine Länge von 6 bis 7 Zollen und eine 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll breite gezahnte Schneidbahn. Die Stärke derselben beträgt $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll im Quadrat.

Außer den, bei der Beschreibung der verschiedenen Arbeiten angeführten Werkzeugen ist noch von den Meiseln das Nutheisen zu erwähnen, welches dazu dient, schmale Nuthen, welche häufig zwischen Gesimsgliedern vorkommen, einzuarbeiten. Es ist dieß ein 7 bis 9 Zoll langer Meisel mit schmaler Schneide, von dem wir in Fig. 56 die Vorderansicht und in Fig. 57 die Seitenansicht geben.

Zum Ab- und Antragen von Winkeln und Maßen sind erforderlich: 1) das Winkelmaß, 2) die Schmiege und 3) der Stangenzirkel.

Das Winkelmaß Fig. 58 ist von gutem Eisen oder Stahl und hat zwei Schenkel von verschiedener Länge, welche normal aufeinander stehen.

Die Schmiege Fig. 59 in der Vorderansicht und Fig. 60 im Grundriß dargestellt, besteht aus zwei Linealen a und b, welche in c durch einen Bolzen verbunden sind, um den beide Lineale beliebig gedreht werden können. Der längere Schenkel b hat einen Schlitz, in welchen der kürzere Schenkel a hineingelegt werden kann. Da die Schmiege zum Ab- und Uebertragen anderer als rechter Winkel dient, so muß an dem Kopfe des Bolzens c eine Schraubenmutter angebracht

sein, durch welche die beiden Lineale fest zusammengehalten oder gelöst werden können.

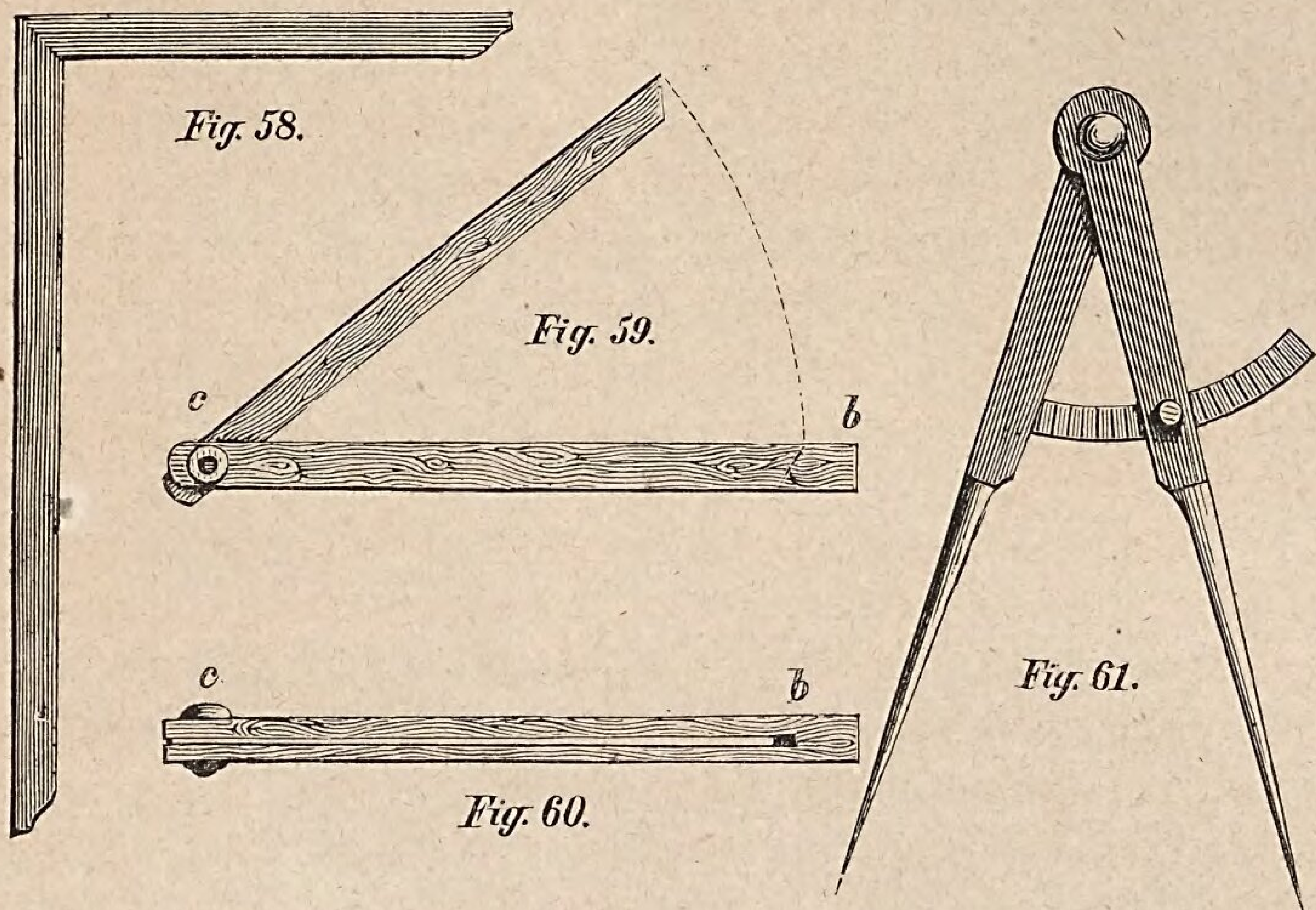
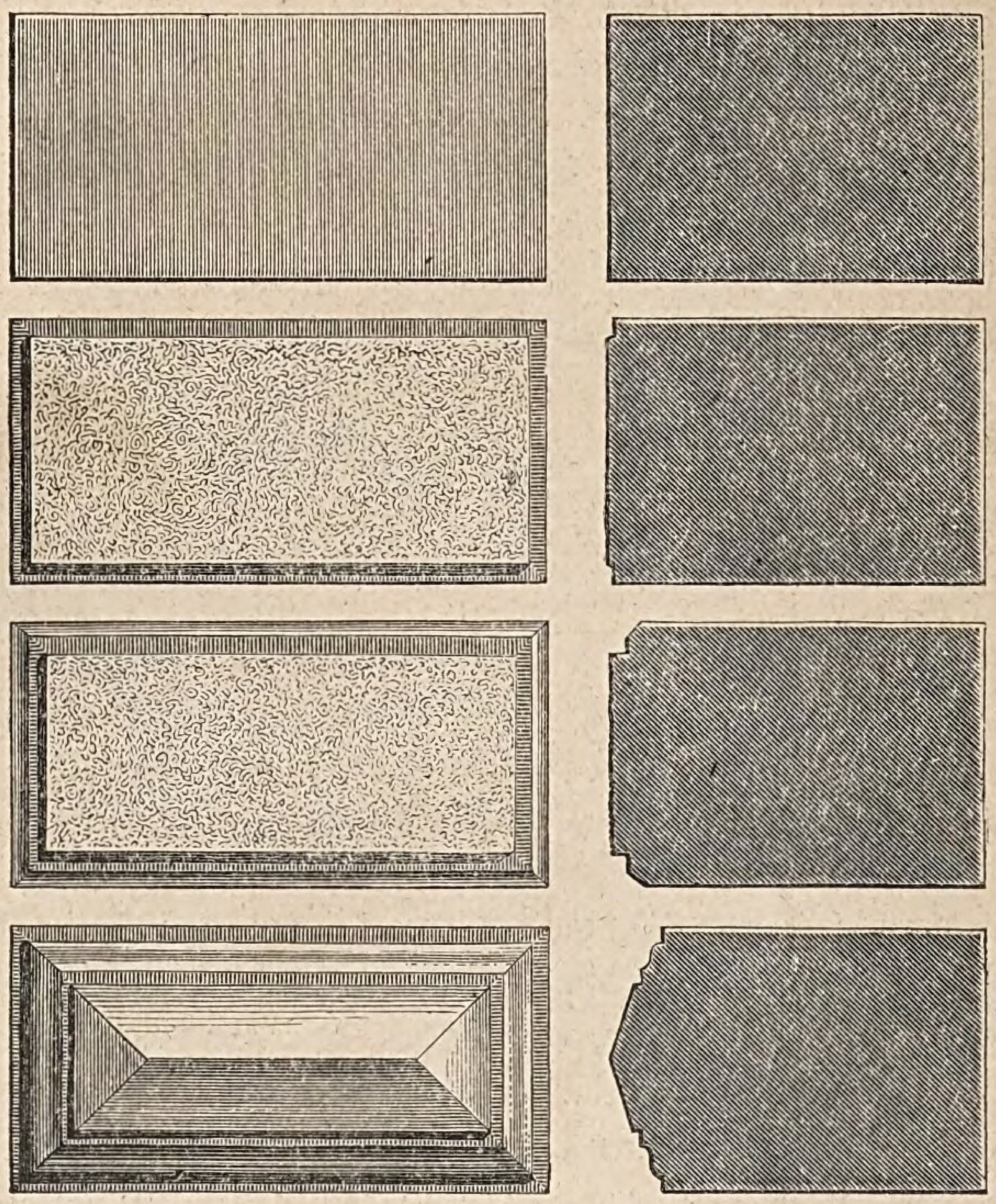


Fig. 58. Fig. 59. Fig. 60. Fig. 61.

Die vorbeschriebenen Arten der Bearbeitung der Steine beziehen sich hauptsächlich auf die verschiedenen Grade der Vollendung in Bezug auf die Herstellung der Begrenzungsflächen oder Ebenen. Wir finden bei Hausteinbauwerken außerdem noch eine verschiedene Bearbeitung der sichtbaren Flächen der einzelnen Steine, in Bezug auf die Anforderungen der Schönheit, welche durch die Construction gehoben, ja selbst bis zur Pracht gesteigert werden kann. Die Hausteinconstructionen werden entweder der Gesammtmasse untergeordnet, so daß das Ganze, wie aus einem Guße zu bestehen scheint, wie wir dieß bei den Banwerken der alten Griechen finden, oder es werden die einzelnen Theile mit Angabe ihrer Zusammensetzung zu einem Ganzen besonders hervorgehoben, wie dieß nach dem Beispiele der Römer und den wahrhaft prachtvollen Palästen in Florenz bis auf unsere Zeit die ausgedehnteste Anwendung gefunden hat. Als Beispiele der Steigerung vom Einfachen bis zum Prachtvollen in der Bearbeitung der sichtbaren Steinflächen geben wir die Fig. 62 bis 65.

Bei der einfachsten Bearbeitung nach Fig. 62, werden die Begrenzungslinien des Steins nicht hervorgehoben, so daß die Zusammensetzung der Art bearbeiteter Steine nur an den Fugen zu erkennen ist. Die Außenfläche wird charrirt oder geschliffen.

Fig. 62. 63. 64. 65.



Nach Fig. 63 werden die Begrenzungslinien des Steins durch einen gleich breiten Schlag hervorgehoben und die Fläche innerhalb der Schläge wird gespitzt, gekrönelt oder gestockt.

An sehr vielen Bauwerken der Römer zeigen sich die Steinflächen zwischen den Schlägen gar nicht bearbeitet, während die Steine an den Stoß= und Lagerflächen mit der größten Genauigkeit bearbeitet und mit kaum sichtbaren Fugen versetzt sind. Ohne Zweifel sollten die äußeren Flächen später bearbeitet werden, und daß es nicht geschah, hat seinen Grund darin, daß der Bau nicht zur Vollendung gekommen. Spätere Baumeister haben dieß Verfahren für ein absichtlich stylgemäßes gehalten, und in der irrigen Meinung, daß roh und einfach gleichbedeutend sei, bei sonst reichen Bauwerken angewendet, denen sie den Charakter der Einfachheit geben wollten. Sie nannten die oft sehr künstliche aber dabei rohe Bearbeitung opus rusticum oder Bäuerisch Werk.

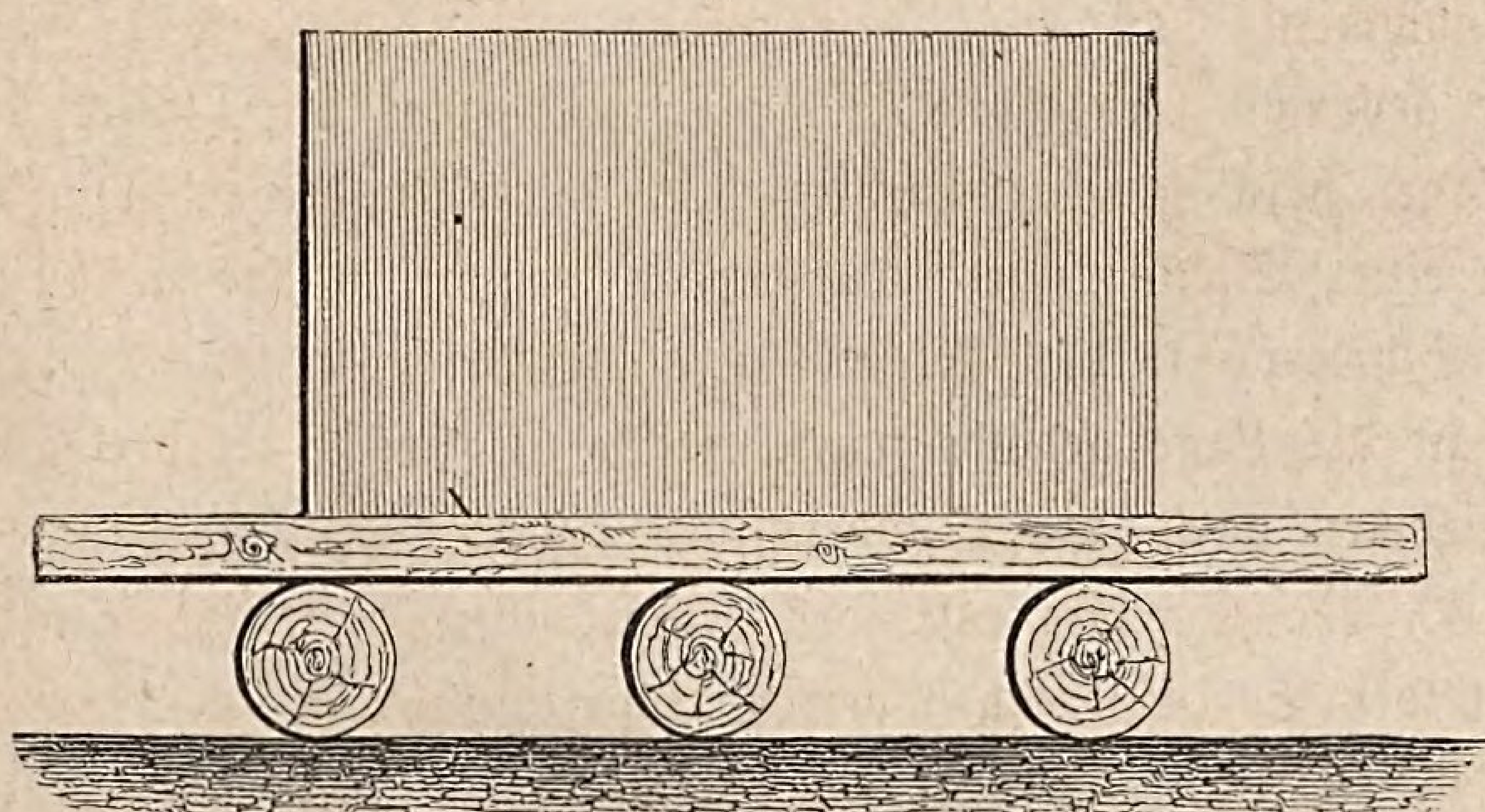
Bei der Bearbeitung nach Fig. 64 sind die Kanten des Steins schräg zurückgezogen, gefaast, und außerdem noch mit einem Schlag versehen. Die von den Schlägen begrenzte Fläche des Steinhauptes ist, wie bei Fig. 63, durch eine körnige Bearbeitung besonders ausgezeichnet.

Die reichste Behandlung in Bezug auf das Hervorheben der einzelnen Steine zeigt Fig. 65. Die Kanten sind außer dem scharfkantigen Schlage, oder auch der Faase mit dem Schlage, noch besonders durch Gesimsglieder hervorgehoben, und die übrige Fläche des Steinhauptes ist mit gebrochenen Flächen bearbeitet und geschliffen. Wegen der Aehnlichkeit mit gefaßten Edelsteinen nennt man diese reiche Bearbeitung der sichtbaren Hausteinflächen das Facettiren.

Das Versetzen.

Der Transport der Hausteine auf die Versetzstelle richtet sich nach der Form und Größe der Steine, so wie darnach, ob die Steine auf einem Gerüste in gleicher Höhe mit der Versetzstelle fortbewegt werden können, oder frei in die Höhe gehoben und ohne weitere Unterrüstung auf ihr Lager gebracht werden müssen. Der Transport auf Gerüsten wird am zweckmäßigsten nach Fig. 66 vermittelst untergelegter Walzen

Fig. 66.



vorgenommen. Der Stein wird gehoben und auf eine Unterlage von Brettern oder Bohlen gebracht und an den Kanten mit Stroh unterfüttert, damit er nicht beschädigt werden kann. Zur Fortbewegung des Steins werden nun nach und nach drei hölzerne Walzen in solcher Entfernung von einander unterlegt, daß der Stein, nachdem die hintere Walze abgelaufen ist, noch immer auf zwei Walzen ruht. Auf diesen zwei Walzen wird nun der Stein so weit fortbewegt, bis die freigewordene Walze wieder an der Vorderseite in der entsprechenden Ent-

fernung unterlegt werden kann. Da die Fortbewegung stets normal auf die unterlegten Walzen erfolgt, so kann die Richtung derselben durch entsprechendes Unterlegen beliebig verändert werden.

Da nun aber der Transport auf Walzen nur langsam vor sich gehen kann, so bedient man sich bei größeren Entfernungen besonderer Transportwägen. Die aus Zimmerholz construirte und mit Brettern oder Bohlen bedeckte Pritsche dieser Transportwägen ruht auf vier Walzen oder niedrigen Rädern mit eisernen Achsen. An dem Pritschengestelle befinden sich vorn und an den Seiten starke eiserne Haken, an welche starke Seile befestigt werden, vermittelst welcher die Last durch eine entsprechende Anzahl von Arbeitern fortgezogen wird.

Zum Hochheben der Steine bedient man sich entweder der Flaschenzüge, der Krahnen oder anderer Hebmaschinen mit Getrieben, deren Beschreibung wir füglich übergehen können, weil deren Anfertigung und Gebrauch nicht zu den Arbeiten des Steinmetzen gehört. Die Befestigung der zu hebenden Steine dagegen wird dem Steinmetzen überlassen und gedenken wir deßhalb hier der Ausmittelung der, zur Befestigung geeigneten Stelle, und der zum Hochwinden der Steine dienenden Werkzeuge.

Angenommen, daß ein hochgewundener Stein senkrecht über die Versetzstelle gebracht und ohne Veränderung seiner Lage nur senkrecht auf sein Lager herabgelassen werden soll, so wird die Befestigung des Steins an einer Stelle angebracht werden müssen, welche genau in der durch den Schwerpunkt des Steins geführten Senkrechten liegt, wenn der Stein in der Lage gedacht wird, welche er versetzt in der Construction einzunehmen hat. Bei Quadern mit horizontalen Lagerflächen wird nach Fig. 67 der Schwerpunkt der Lagerflächen derjenige Punkt sein, an welchem der Stein hochgehoben in horizontaler Lage bleibt, weil eine durch diesen Punkt geführte Senkrechte durch den Schwerpunkt des Körpers schneidet und zugleich senkrecht steht auf der Lagerfläche. Hat der Stein eine unregelmäßige Form, und ist die Lagerfläche, auf welche er versetzt werden soll, nicht horizontal, so muß an dessen Hauptfläche der Punkt aufgesucht werden, durch welchen eine Senkrechte geführt, nach Fig. 68 den Stein in zwei Hälften so theilt, daß die Begrenzungslinie a b der Lagerfläche den Neigungswinkel gegen die Senkrechte einschließt, welcher für die Lagerfläche des zu versetzenden Steins bestimmt ist. Ist diese Senkrechte auf dem Haupt des Steins vorgerissen, so wird der Aufhängepunkt c von der Oberkante auf die halbe Steinbreite recht-

Fig. 67.

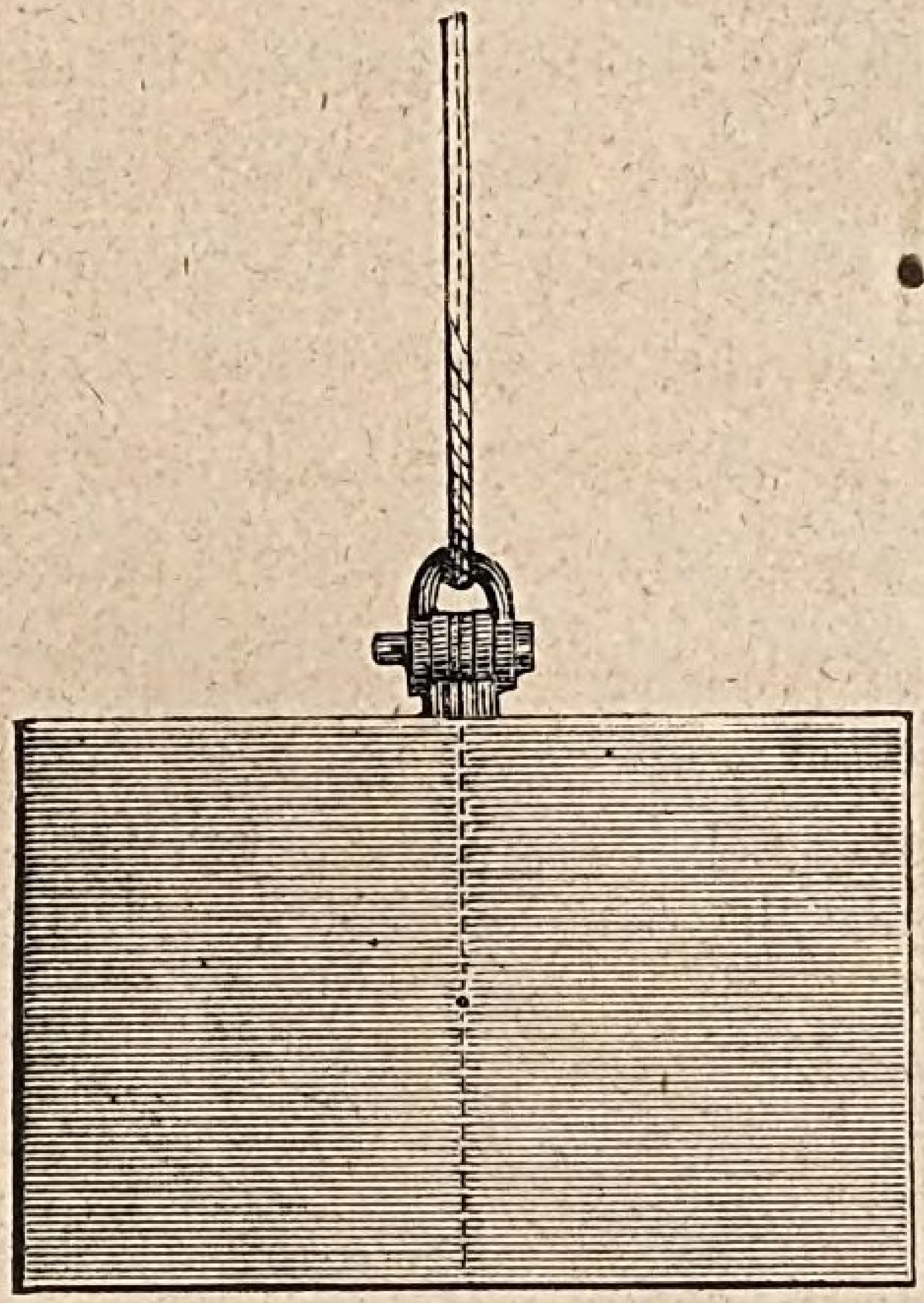
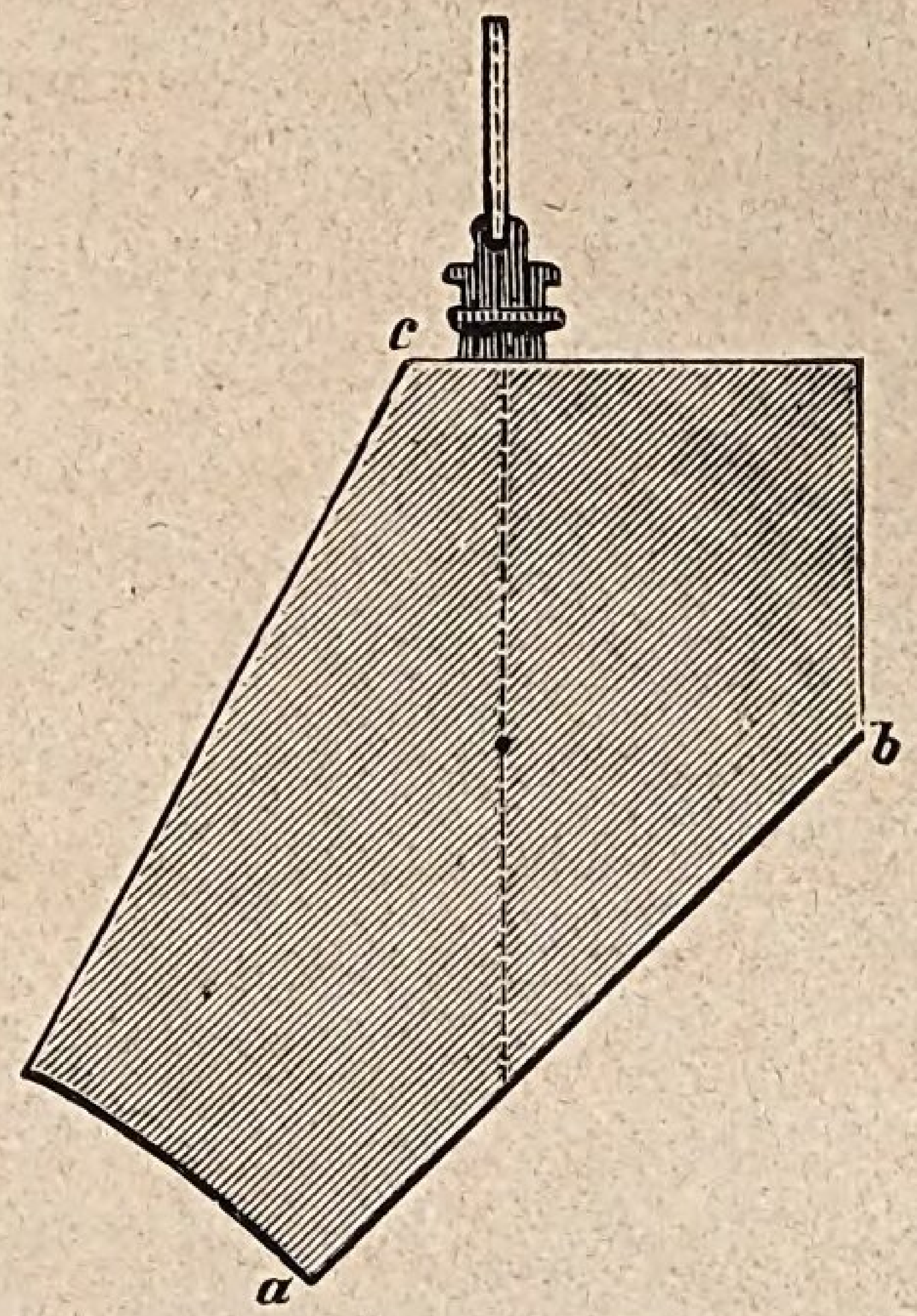
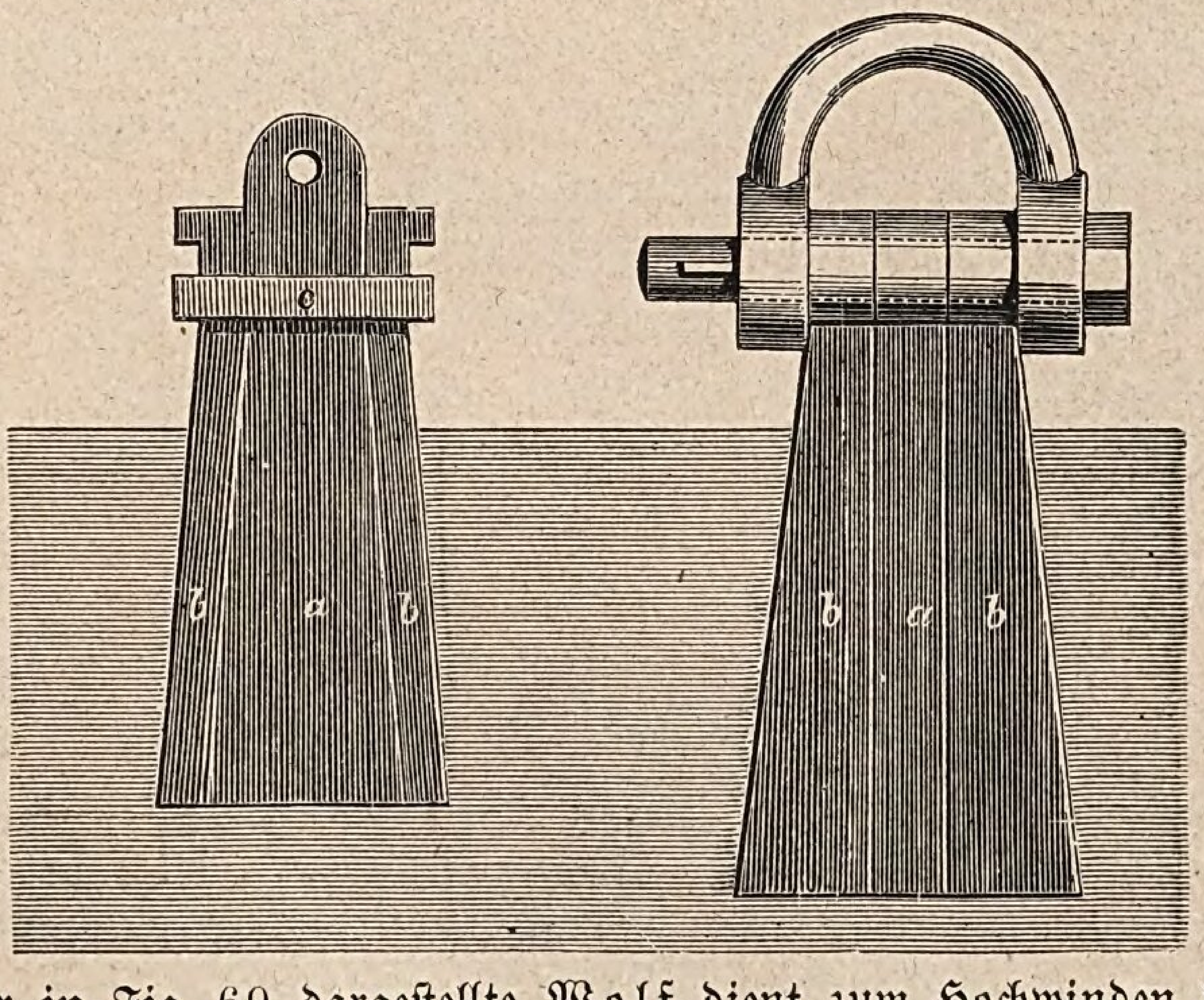


Fig. 68.



winkelig auf das obere Lager angetragen. Zur Befestigung der Steine beim Hochwinden wird ein aus mehreren Stücken bestehender Eisendübel in den Stein vertieft eingepaßt, welcher die Scheere oder der Wolf genannt wird.

Fig. 69. Fig. 70.



Der in Fig. 69 dargestellte Wolf dient zum Hochwinden kleinerer Steine und wird deßhalb auch der kleine Wolf genannt. An diesem ist das Mittelstück a nach unten keilförmig verstärkt, während die Seitenstücke bb, welche sich an das Mittelstück anlegen und oben mit einem

Umschluß versehen sind, eine gleiche Stärke haben. Das Mittelstück a hat oben ein Ohr, durch welches der Haken des Windetaues gesteckt wird. Der in Fig. 70 dargestellte große Wolf besteht aus dem gleichstarken Mittelstück a, den nach unten keilförmig verstärkten Seitenstücken bb, dem Bügel c und dem, die genannten Theile untereinander verbindenden Bolzen d. Wie aus den Fig. 69 und 70 zu ersehen ist, besteht die Befestigung der Scheere ganz einfach darin, daß in den Stein ein Loch, welches auch den Namen Scheerloch oder Wolfsloch hat, eingearbeitet wird, in welches der eingebrachte Wolf genau paßt. Die Tiefe des Scheerlochs richtet sich nach der Festigkeit und dem Gewichte der zu hebenden Steine, und es muß der Wolf um so tiefer eingreifen, je schwerer der Stein ist und je weniger fest er ist. Damit der Wolf genau anschließt, ist es erforderlich, daß die Maaße für das Scheerloch von bestimmter Tiefe von dem zusammengesetzten Wolfe entnommen, und insbesondere die Anschlußflächen genau bearbeitet werden. Um den kleinen Wolf Fig. 69 in das Loch einbringen zu können, werden die beiden Seitenstücke in dem Umschluß oder Ringe so weit aufwärts geschoben, daß das Mittelstück a bis auf den Boden des Loches reichend eingesetzt werden kann, und erst nachdem das Mittelstück eingebracht ist, werden die beiden Seitenstücke bb gleichfalls bis auf den Boden des Scheerloches herabgebracht. Durch das Nachtreiben des Umschlußrings c werden die gleichstarken Seitenstücke bb mit dem nach unten keilförmig verstärkten Mittelstücke a in Verbindung gebracht.

Der große Wolf Fig. 70 muß vor dem Einsetzen auseinandergenommen werden. Ist der Bolzen d herausgezogen, so bringt man die beiden, nach unten keilförmig verstärkten Seitenstücke bb einzeln in das Loch, schiebt dann das gleichstarke Mittelstück a zwischen beide, legt den Bügel c über diese Theile und führt den Bolzen d durch die genannten vier Stücke hindurch. Damit der Bolzen d nicht beim Zuge herausspringt, erhält er an der einen Seite bei d einen starken Kopf und an der andern Seite bei e eine durchgesteckte Schließe. Zur sicheren Befestigung des Wolfs werden die Zwischenräume zwischen den Eisentheilen und den Wänden des Loches mit feinem trockenem Sande ausgefüllt.

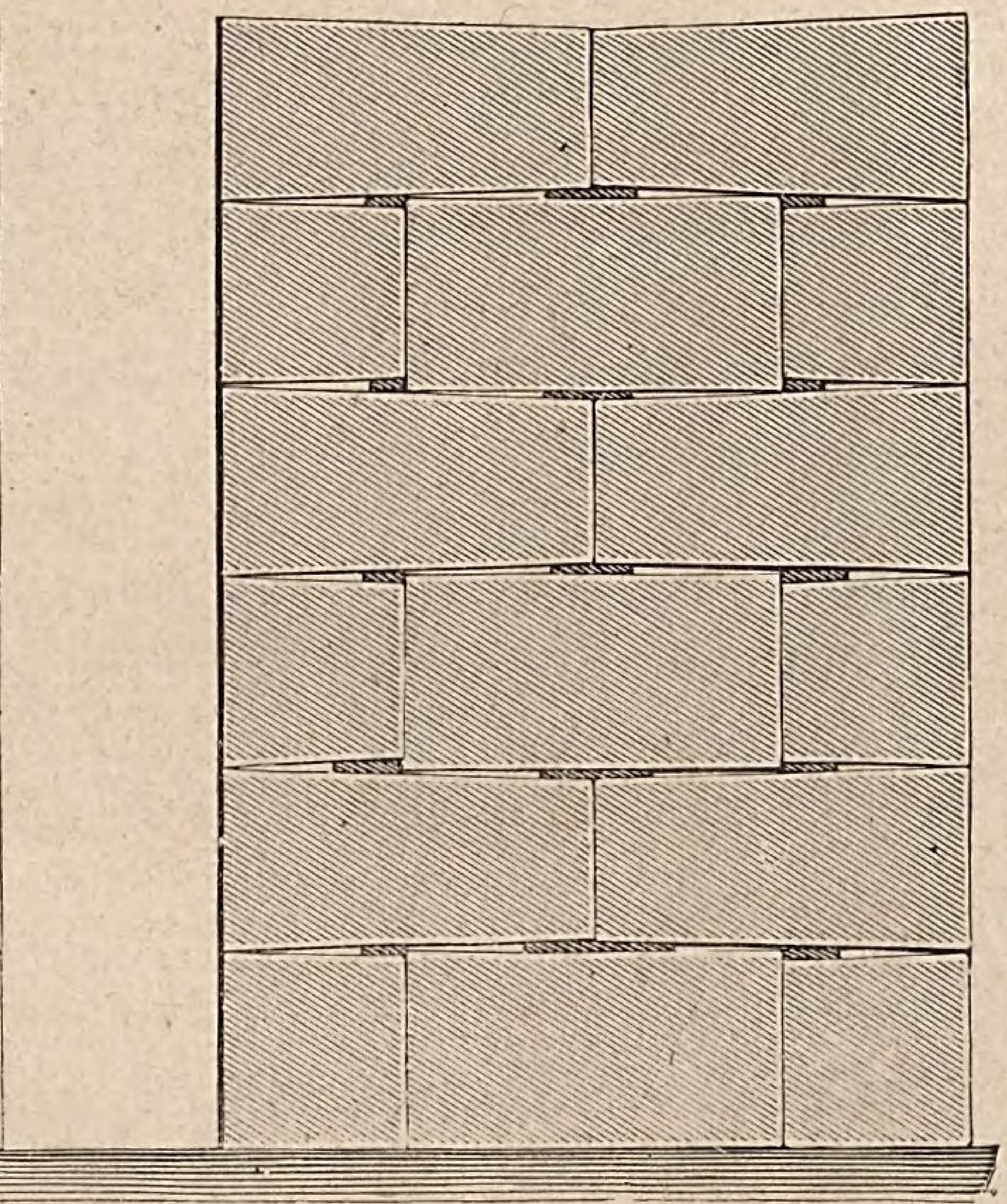
Versetzen der Steine. An antiken Bauwerken finden sich die Hausteine häufig ohne Mörtel versetzt, oder es ist der zwischen den Fugen befindliche Mörtel so dünn und fein, daß nur die Ungleichheiten der mit der größten Genauigkeit bearbeiteten Lagerflächen damit ausgefüllt sind, so daß die zwischen den Ungleichheiten befindlichen Theile

sich unmittelbar aufeinander setzten. Bei Constructionen aus sehr großen Steinen ist das Versetzen ohne Mörtel anwendbar, bei Bauwerken aus gehauenen Steinen von nicht sehr bedeutenden Größen kann dagegen die nöthige Festigkeit und Stabilität nur durch die Anwendung des Mörtels oder Cements erreicht werden. Die erste Anforderung an Hausteinconstructionen ist die, daß die Lager und Fugen der Steine so bearbeitet sind, daß sie in allen Punkten genau aneinander schließen und dadurch eine feste und stabile Masse bilden, welche weder dem Setzen noch einem unregelmäßigen Druck unterworfen ist. Nehmen wir die einfachste Hausteinconstruction, die gerade Quadermauer an, so müssen, der obigen Anforderung entsprechend, die Lager genau rechtwinkelig und eben bearbeitet sein, wenn die Steine gleichmäßig tragen sollen. Diese

Fig. 71.



Fig. 72.



Sorgfalt der Bearbeitung der Lager wird leider bei vielen neuen Constructionen nicht als Hauptsache angesehen, vielmehr wird häufig die größte Sorgfalt auf die Bearbeitung der im Aeußeren sichtbaren Formen verwendet, während die Lager und Fugen nachlässig und uneben bearbeitet und gegen das Haupt unter einem spitzen Winkel unterhauen werden. Um die Steine, deren Lagerflächen nicht parallel sind, zu versetzen, bringt man nur hölzerne Keile oder Zwicksteine unter die nach innen sich erweiternden Lager und füllt alsdann erst die Zwischenräume

mit Mörtel aus. Die unausbleibliche Folge dieses schlechten Verfahrens, durch welches die ganze Last, welche gleichmäßig über die ganze Lagerfläche vertheilt sein sollte, nur auf die Kanten, sowie auf die einzelnen durch Keile oder Zwicksteine unterstützten Punkte wirkt, ist das Absprengen der Steine an den Fugen und das Entstehen von Rissen und Spalten bis in das Innere der Construction.

Vergleichen wir den Durchschnitt einer Quadermauer Fig. 71, bei welcher die Steine mit horizontal und eben bearbeiteten Lagern bearbeitet sind, mit Fig. 72, welche den Durchschnitt einer Quadermauer darstellt, bei welcher die Steine unterarbeitet sind und nur auf den Kanten, sowie auf den unter die Lager gebrachten Zwicksteinen ruhen, so werden wir auf den ersten Blick die Fehlerhaftigkeit der in Fig. 72 angenommenen Bearbeitung und Versetzung der Steine erkennen.

Nehmen wir nun an, daß Mauern oder Pfeiler aus Quadern nicht anders als in horizontalen Schichten, ohne Unterfütterung der Lager, aufgeführt werden dürfen, so muß vorher, ehe man zum Versetzen der Steine schreitet, untersucht werden, ob die Lager und Fugen richtig bearbeitet sind. Sind die Lager gerade und eben und mit dem Haupte im rechten Winkel bearbeitet, so verfährt man beim Versetzen auf die nachbeschriebene Weise. Man untersucht zuerst das Lager, worauf der Stein gesetzt werden soll, und macht es genau horizontal, dann bringt man den Stein vorläufig auf sein Lager, um mit dem Senkel, dem Winkel und der Setzwaage zu untersuchen, ob, in dieser Stellung des Steins, das Haupt, das Lager und die Fugen so zu liegen kommen, wie sie liegen sollen, oder ob ein Nacharbeiten erforderlich ist. Ist der Stein richtig befunden oder nach Erfordern zur Nacharbeitung das Nöthige vorgezeichnet, so wird er wieder von seinem Lager gehoben. Nachdem man das Lager, worauf der Stein zu liegen kommt, sowie das untere Lager des Steins selbst, gereinigt und genetzt hat, breitet man eine Lage von dünnem Mörtel aus sehr feinem Sand darüber aus, setzt den Stein in derselben Stellung, in welcher er vorher untersucht worden war, darauf, und stößt ihn mit einer Handramme, damit er sich gehörig auf's Lager setzt und der überflüssige Mörtel aus den Fugen getrieben wird. Um den Stein auf das Mörtellager niederzulassen, kann man, nachdem der Mörtel ausgebreitet ist, an den vier Ecken hölzerne Setzkeile unterlegen und von diesen aus den Stein nach und nach niederlassen.

Wie bei dem Versetzen der Quader auf horizontalen Lagern, so muß auch bei dem Versetzen anderer Werkstücke, der Stein vor dem Versetzen in Bezug auf die Richtigkeit seiner Lager und Fugen genau geprüft, trocken auf das Lager, worauf er zu liegen kommt gebracht, und darf erst alsdann auf Mörtel gesetzt werden, wenn er, trocken versetzt, genau die Lage eingenommen hat, welche er, in Mörtel versetzt, in der Construction einnehmen soll. Bei dem zuweilen in Anwendung kommenden Verfahren, große Werkstücke trocken auf's Lager zu legen und erst nach dem Versetzen die Fugen mit dünnem Mörtel auszugießen, kann mit Sicherheit nicht darauf gerechnet werden, daß die Steine nach der ganzen Ausdehnung ihrer Lager gleichmäßig tragen, und es kann ebenso wenig die Bindekraft des Mörtels, welcher in dünnflüssigem Zustande zwischen die Fugen gebracht, beim Trocknen und Erhärten bedeutend schwindet, in Betracht gezogen werden.

Schwer belastete oder an sich schon sehr schwere Werkstücke ohne Mörtel zu versetzen und zwischen die Lager schwache Platten gewalzten Bleies zu legen, verdient dem Ausgießen der Fugen vorgezogen zu werden. Die Unebenheiten der Steinlager pressen sich in die Bleiplatten, und es wird durch diese Zwischenlager das Absprengen der Steine an den Kanten verhindert.

Vierter Abschnitt.

Von den Mauern.

Die äußere Form der Mauern, welche entweder nur zum Zwecke haben Räume zu begrenzen, oder Lasten zu stützen, ist verschieden, und es werden hiernach gemeinüblich dieselben eingetheilt in:

A. Ebene gerade Mauern mit senkrechten Häuptern;
B. Ebene Böschungsmauern mit geneigten Häuptern;
C. Windschiefe Böschungsmauern;
D. Gerade cylindrische Mauern;
E. Schiefe cylindrische Mauern;
F. Kegelförmige oder konische Mauern.

A. Ebene gerade Mauern mit senkrechten Häuptern. Die Größe der zur Aufführung einer Mauer in Anwendung kommenden Quader ist einestheils durch die vorgeschriebene Form und Construction eines Bauwerkes, anderntheils aber auch durch die Mächtigkeit der in dem Steinbruche vorkommenden Steinbänke bedingt; so daß in Bezug darauf allgemein gültige Regeln nicht aufgestellt werden können.

Ueber das Verhältniß der Länge und Breite der Steine zu ihrer Höhe, haben wir uns bereits im Allgemeinen ausgesprochen, doch kommen auch darin Abweichungen in der Praxis vor, welche weniger durch die zu berücksichtigende Festigkeit der Steine, als vielmehr dadurch bedingt sind, daß die Hausteinconstructionen eines Bauwerks dazu beitragen sollen, dem Ganzen durch übereinstimmende oder sehr wechselnde Gestaltung der Einzelheiten einen gewissen Ausdruck zu verleihen.

In Bezug auf die bereits beschriebene Bearbeitung und das Versetzen der Quader für gerade Mauern erwähnen wir noch, daß es nicht gleichgültig ist, welche der beiden Lagerflächen nach unten zu liegen kommt. Bei lagerhaft brechenden Steinen, insbesondere bei den hauptsächlich zu Quadern verarbeitet werdenden Sandsteinen, ist das natürliche Lager, worauf die Steinbank im Bruche lagerte, am härtesten, und der Stein besitzt, auf dieses gelegt, die größte Festigkeit, die er vermöge seiner Beschaffenheit haben kann. Hierauf muß bei der Bearbeitung und dem Versetzen Rücksicht genommen und das natürliche Lager zu der unteren Lagerfläche angewendet werden. Die untere Lagerfläche einer Steinbank, welche sich bei dee Bearbeitung als merklich fester zu erkennen gibt, wird das harte Lager, die obere Lagerfläche zur Unterscheidung das weiche Lager genannt.

Als Grundsätze des Verbandes für gerade Mauern fügen wir dem bereits im Allgemeinen für den Hausteinverband Angeführten hinzu:

1) Die Steinschichten einer geraden Mauer müssen horizontal sein, weil der Druck, welchem sie zu widerstehen haben, senkrecht wirkt.
2) Die Lager der Steine müssen Ebenen sein, damit sie gleichmäßig tragen.
3) Die Steine müssen unter sich rechte Winkel bilden, so daß die Stoßfugen senkrecht auf dem Lager stehen.
4) Alle Steine von derselben Schichte müssen zwischen zwei horizontalen Lagern die nämliche Höhe haben.

Die Steine, welche nach dem Vorerwähnten rechtwinkelige Parallelepipede sein müssen, nehmen in der Richtung ihrer Länge bei dem Ver-

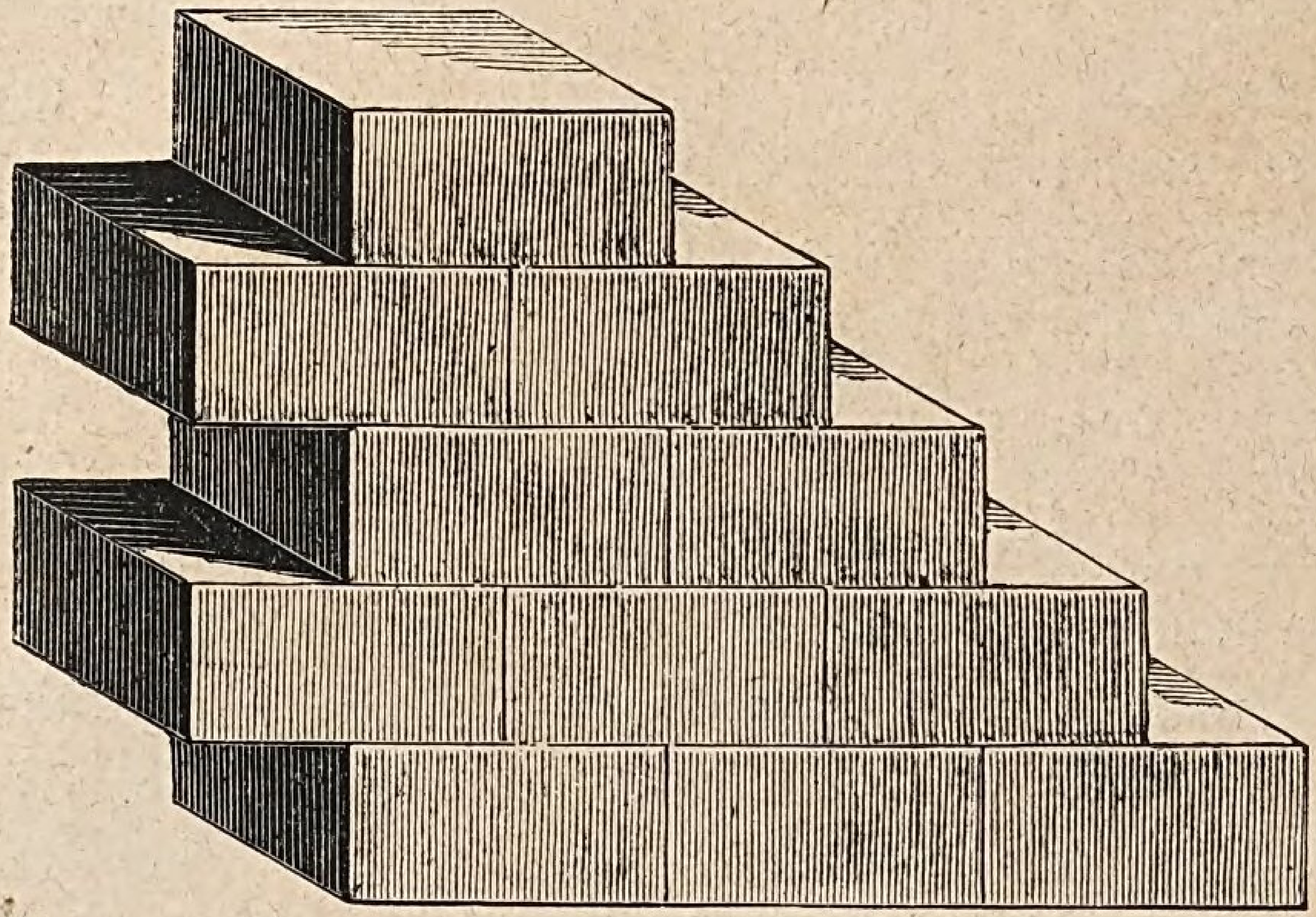
bande eine verschiedene Lage ein und werden darnach auch verschieden benannt. Hat der Stein seiner Länge nach zwei parallele Außenseiten, so daß seine Breite die Stärke der Mauer ausmacht, so wird er Läufer oder Strecker genannt; Halbstrecker, wenn er seiner Länge nach nur eine Außenseite hat und seiner Breite nach nicht die ganze Stärke der Mauer ausmacht. Macht der Stein seiner Länge nach die ganze Mauerstärke aus und hat zwei parallele Häupter seiner Breite nach, so heißt er Durchbinder; Halbbinder dagegen, wenn er nur mit einem Haupte die Außenseite bildet, und seiner Länge nach für sich allein die Dicke der Mauer nicht ausmacht. Füllsteine werden die im Inneren der Mauer befindlichen Steine genannt, welche von keiner Seite sichtbar sind. Dem gewöhnlichen Sprachgebrauche nach fällt die Benennung Halbstrecker und Halbbinder weg, und es werden die Steine, welche ihrer Länge nach eine sichtbare Außenseite haben, kurzweg Läufer oder Strecker, und die Steine, welche ihrer Länge nach in das Innere der Mauer eingreifen und nur nach ihrer Breite eine sichtbare Außenseite haben, kurzweg Binder genannt. Wir werden in unserer Betrachtung über den Verband der Mauern diese auf den Werkplätzen übliche Bezeichnung der Steine nach ihrer abwechselnden Richtung beibehalten.

Als Beispiele von Quaderverbänden führen wir an:

1) Den Quaderverband von Mauern, welche ganz aus Quadern bestehen.
2) Die zweihäuptige Quaderverkleidung von Mauern, deren Kern aus Füllmauerwerk besteht.
3) Die einhäuptige Quaderverkleidung.

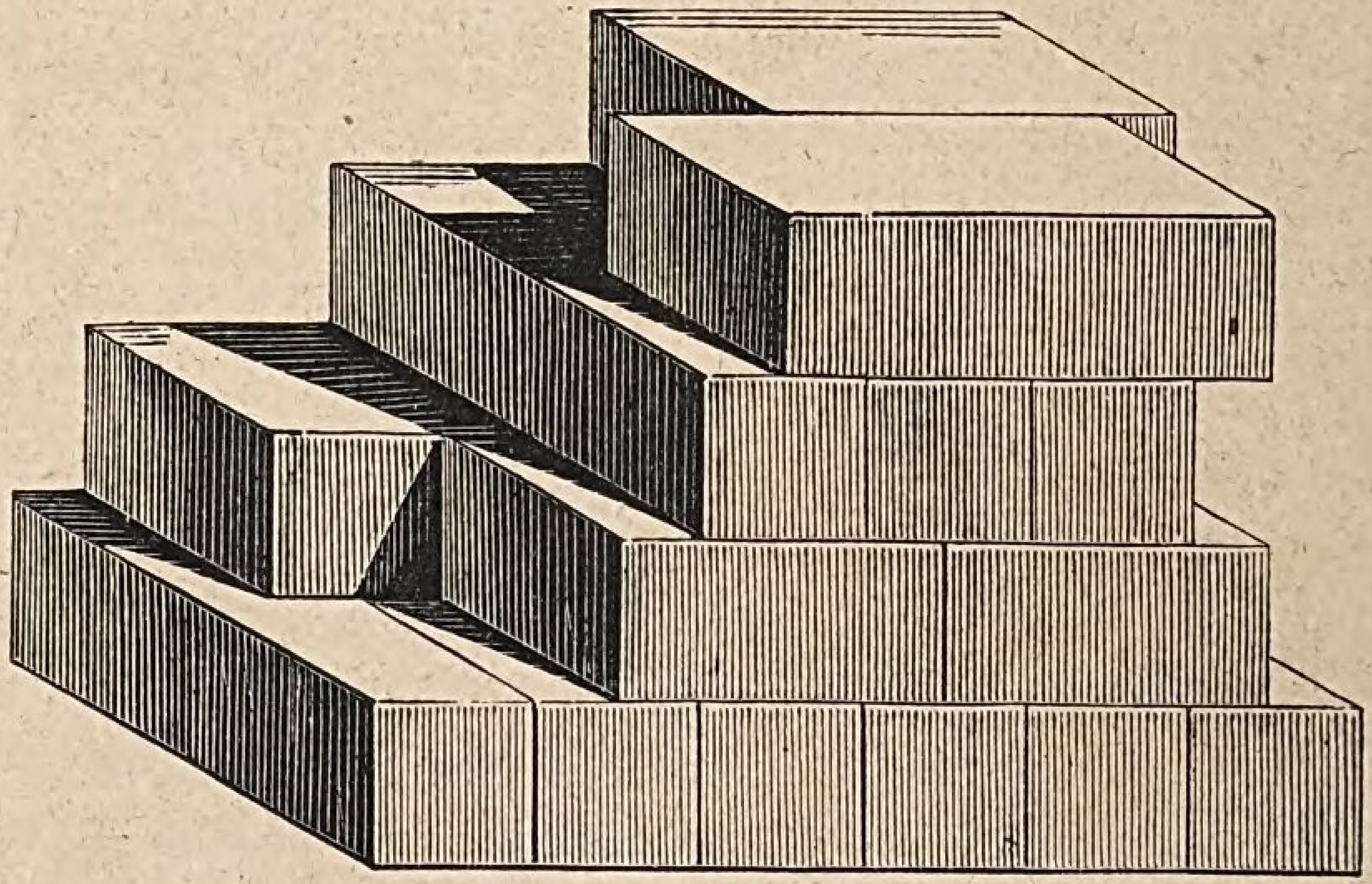
1) Quaderverbände von Mauern, welche ganz aus regelmäßig bearbeiteten Quadern bestehen, sind in Fig. 73 u. 74 dargestellt Bei dem Verbande Fig. 73 besteht die Mauer aus gleich großen Steinen, deren Breite die Dicke der Mauer ausmacht. Bei diesem einfachen Verbande werden die Stoßfugen von Schichte zu Schichte so verwechselt, daß sie auf die Steinmitte der vorhergelegten unteren und der darauf folgenden oberen Schichte treffen. Derselbe Verband wird beibehalten, wenn die Mauer aus gleichgroßen Steinen besteht, deren Länge die Dicke der Mauer ausmacht. Haben die Steine einer Mauer, welche nur aus Binderschichten besteht, eine ungleiche Breite, oder im anderen Falle, wenn sie nur aus Läuferschichten besteht, eine ungleiche Länge; so muß bei der Verwechselung der Stoßfugen darauf

Fig. 73.



gesehen werden, daß bei den Binderschichten die Decksteine mindestens auf eine Länge über die Stoßfugen greifen, welche der Hälfte der Steinhöhe gleich ist, und daß bei Läuferschichten das Uebergreifen der Decksteine nicht weniger beträgt, als die Höhe derselben. Reicht die Breite eines Steines nicht aus zur Bildung der Mauerdicke, sondern es sind dazu zwei oder mehr Steine erforderlich, so muß bei dem Verbande auf ein Verwechseln der Stoßfugen, sowohl der Länge, als der Breite nach Rücksicht genommen und eine möglichst vollkommene Verbindung der beiden Mauerhäupter unter sich zu erreichen gesucht werden. Durch abwechselnde Binder- und Läuferschichten wird zwar eine gute Verbindung der Mauerhäupter unter sich erreicht, die Längenverbindung aber ist wegen des geringen Uebergreifens der Läufer, welche nur die Hälfte der Binderbreite betragen kann, eine sehr geringe. Die Anwendung der Verbände mit Bindern und Läufern in jeder Schichte läßt ein größeres Uebergreifen der Läufer zu, und verdient in Bezug auf den Längenverband den Vorzug vor den Verbänden mit abwechselnden Läufer- und Binderschichten.

Fig. 74.



Einen Verband mit abwechselnden Läufer- und Binderschichten, von einer Mauer deren Dicke zwei Steinbreiten beträgt, geben wir in

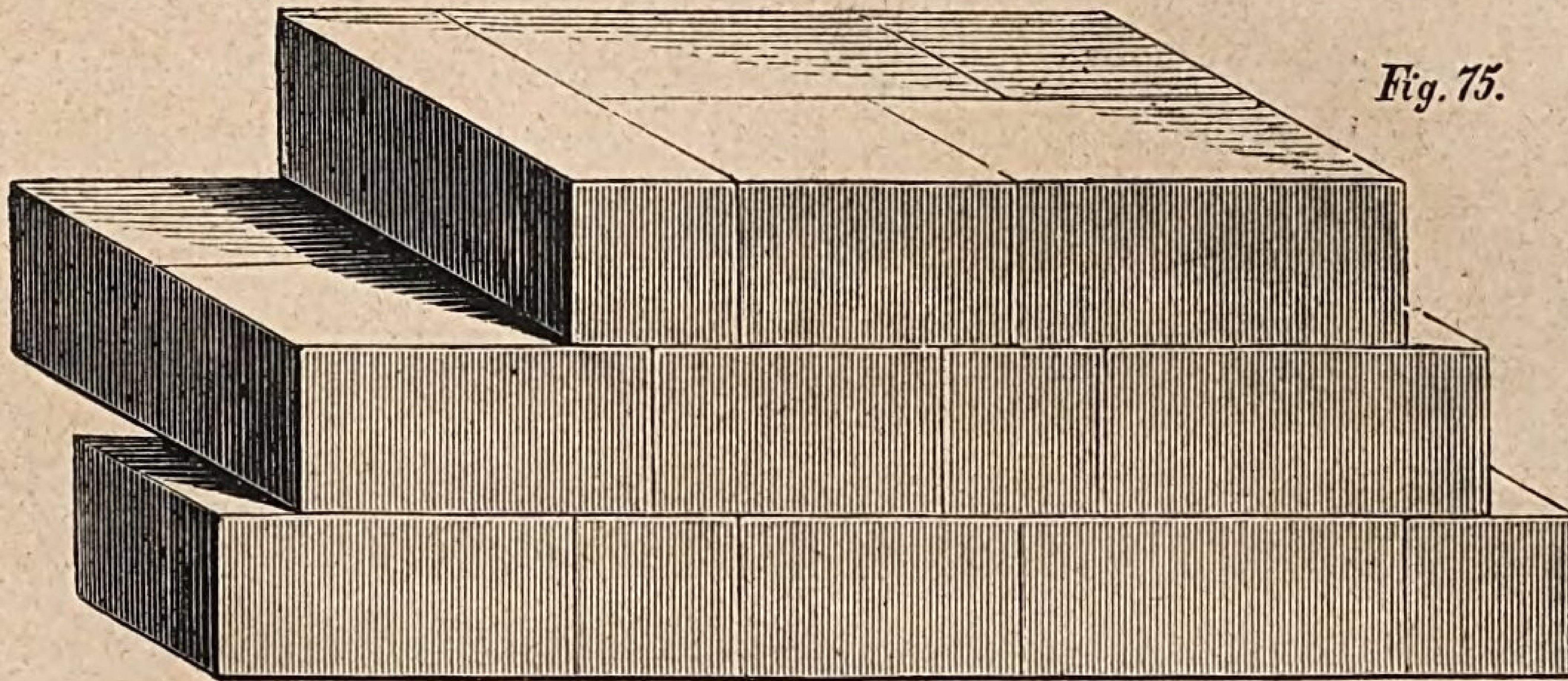


Fig. 75.

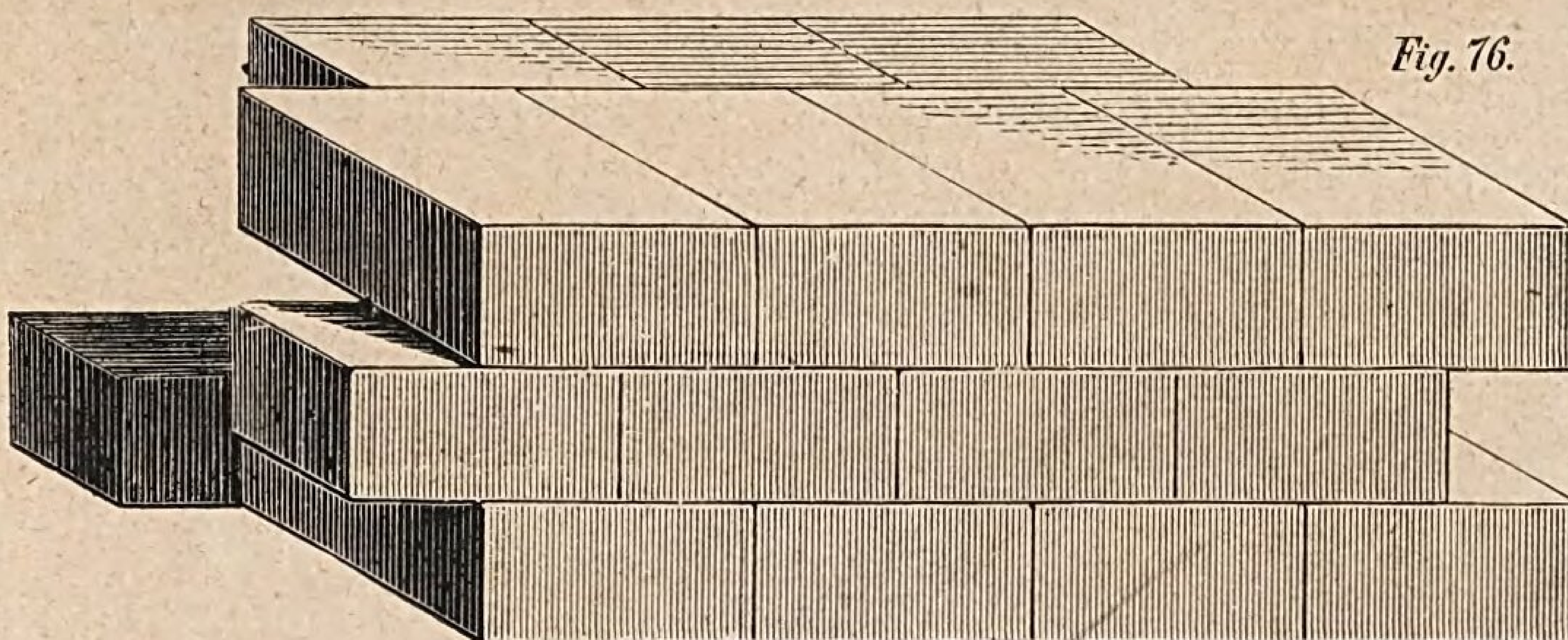


Fig. 76.

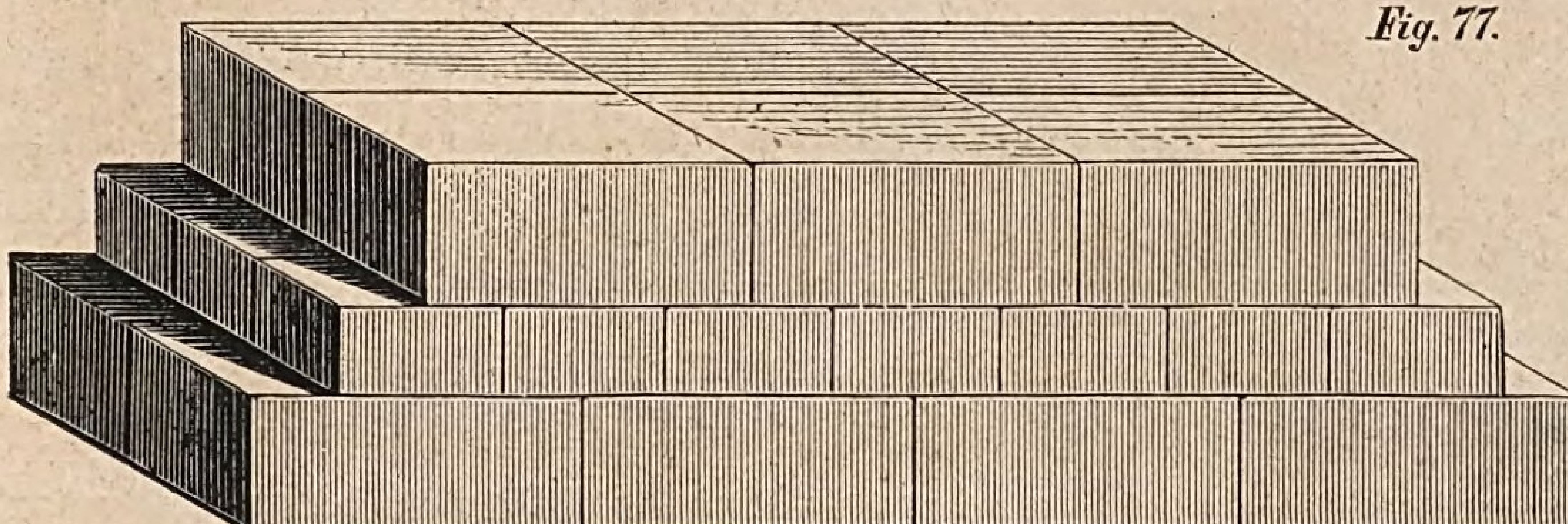


Fig. 77.

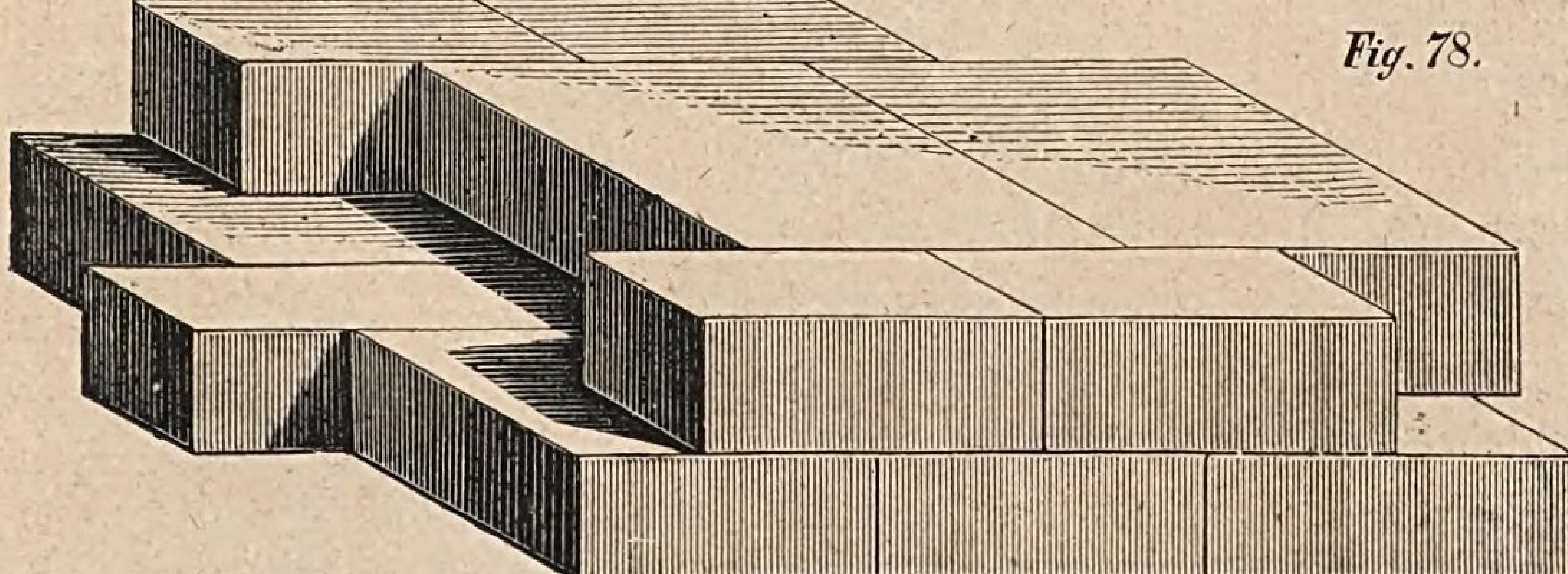


Fig. 78.

Fig. 74. Auf eine Schichte von Durchbindern folgt eine Schichte von zwei Reihen Läufern, welche zusammen die Dicke der Mauer ausmachen; diese Läufer werden in den Stoßfugen sowohl unter sich, als auch in Bezug auf die Durchbinder der unteren Schichte verwechselt, und ebenso findet eine Verwechselung der Stoßfugen der darauf folgenden Durchbinder bezüglich der Läuferschichte, welche aus ungleich großen Steinen besteht, statt.

In Fig. 75 geben wir den Verband einer Mauer, bei welcher die Dicke ebenfalls durch die Breite zweier Läufer gebildet wird, es kommen aber in jeder Schichte Läufer und Binder vor. Zwischen je zwei Durchbindern befinden sich zwei Reihen Läufer. Die Stoßfugen der Läufer, welche eine ungleiche Länge haben, sind verwechselt und werden in der darauf folgenden Schichte abwechselnd durch Läufer und Durchbinder überdeckt. Vollkommener ist dieser Verband, wenn zwischen je zwei Durchbindern nur zwei Läufer gelegt werden, so daß die Durchbinder auf die Mitte derselben treffen und bei den Läufern keine Stoßfugen unterhalb der Binder vorkommen.

Verbände ohne Durchbinder geben wir in den Fig. 76, 77 u. 78. Bei Fig. 76 wird die Dicke der Mauer durch zwei Steinreihen von ungleicher Breite der Art gebildet, daß in jeder Schichte die schmalen Steine an das eine und die breiten Steine auf das gegenüber befindliche andere Mauerhaupt gelegt werden, so daß die Längefugen ohne Verwechselung durchgehen, die Stoßfugen aber, sowohl unter sich als auch in Bezug auf die obere und untere Schichte verwechselt werden. Der Querverband wird dadurch hergestellt, daß von Schichte zu Schichte regelmäßig abwechselnd, auf die schmalen Steinreihen breite Steinreihen folgen, welche die Längefugen der ersteren von Schichte zu Schichte überbinden.

In Fig. 77 geben wir ein Beispiel von dem Verband einer Mauer mit abwechselnden Schichten von verschiedener Höhe und Breite. Bei den hohen Schichten macht die Breite von zwei Steinen, und bei den niederen Schichten die Breite von drei Steinen die Dicke der Mauer aus. Die Länge der Steine in den hohen Schichten beträgt das Doppelte der Länge in den niederen Schichten. Die Stoßfugen der Schichten von gleicher Höhe gehen sowohl der Länge als auch der Breite der Mauer nach, ohne Verwechselung durch, sind aber in den Schichten von ungleicher Höhe so verwechselt, daß alle Stoßfugen auf die Mitte der Steine in der darüber und darunter befindlichen Schichte treffen. Die Steine der hohen Schichten greifen als Binder über zwei Steine der

Fig. 80.

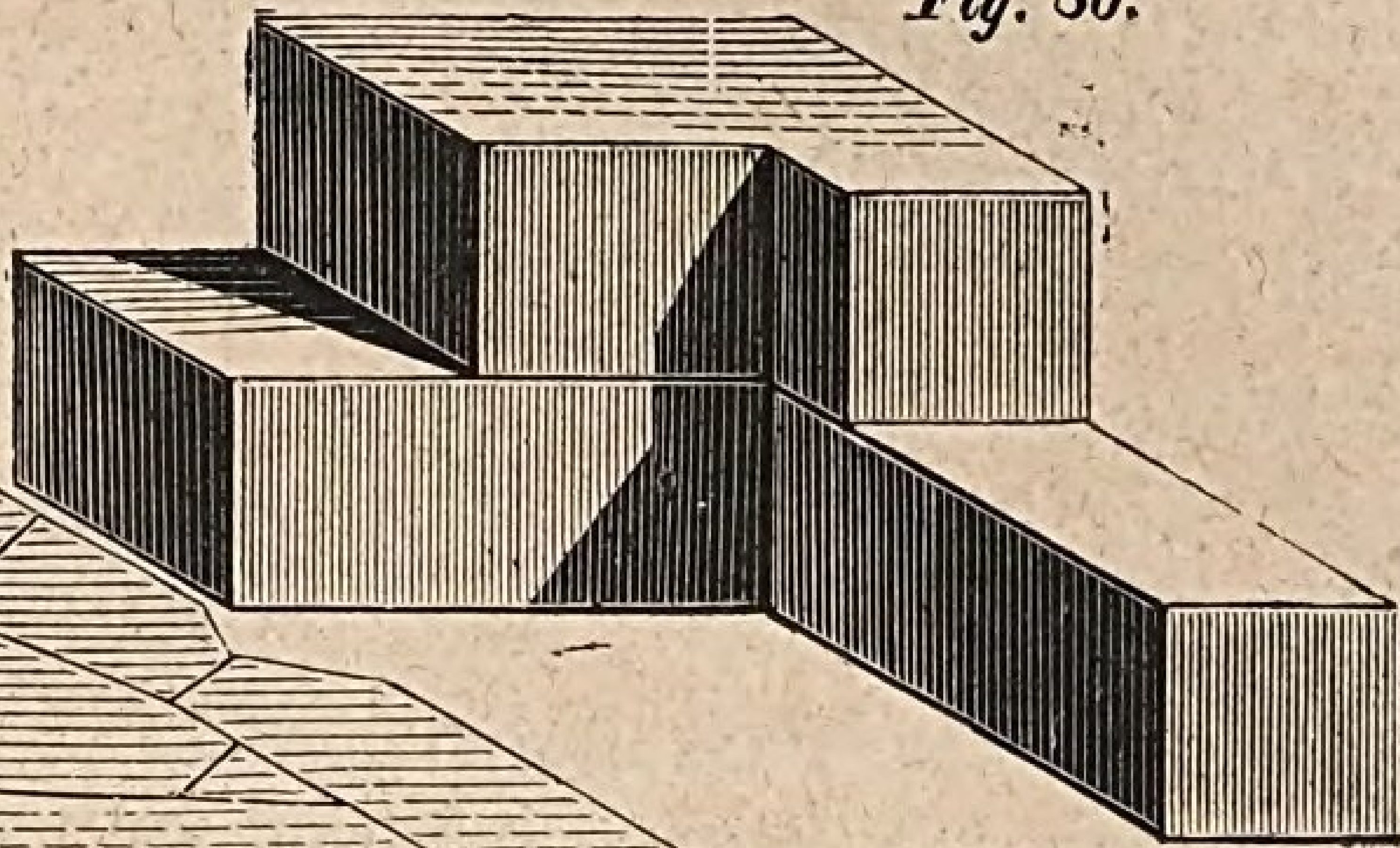


Fig. 79.

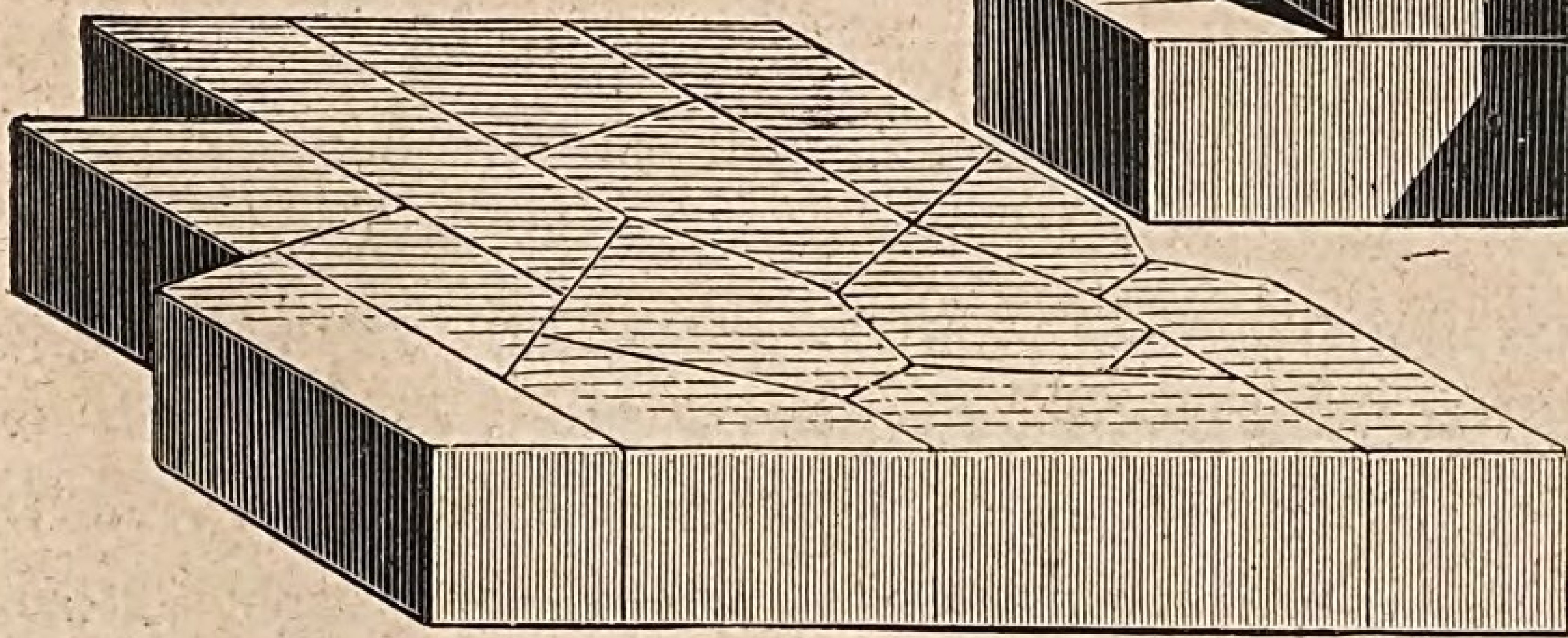


Fig. 82.

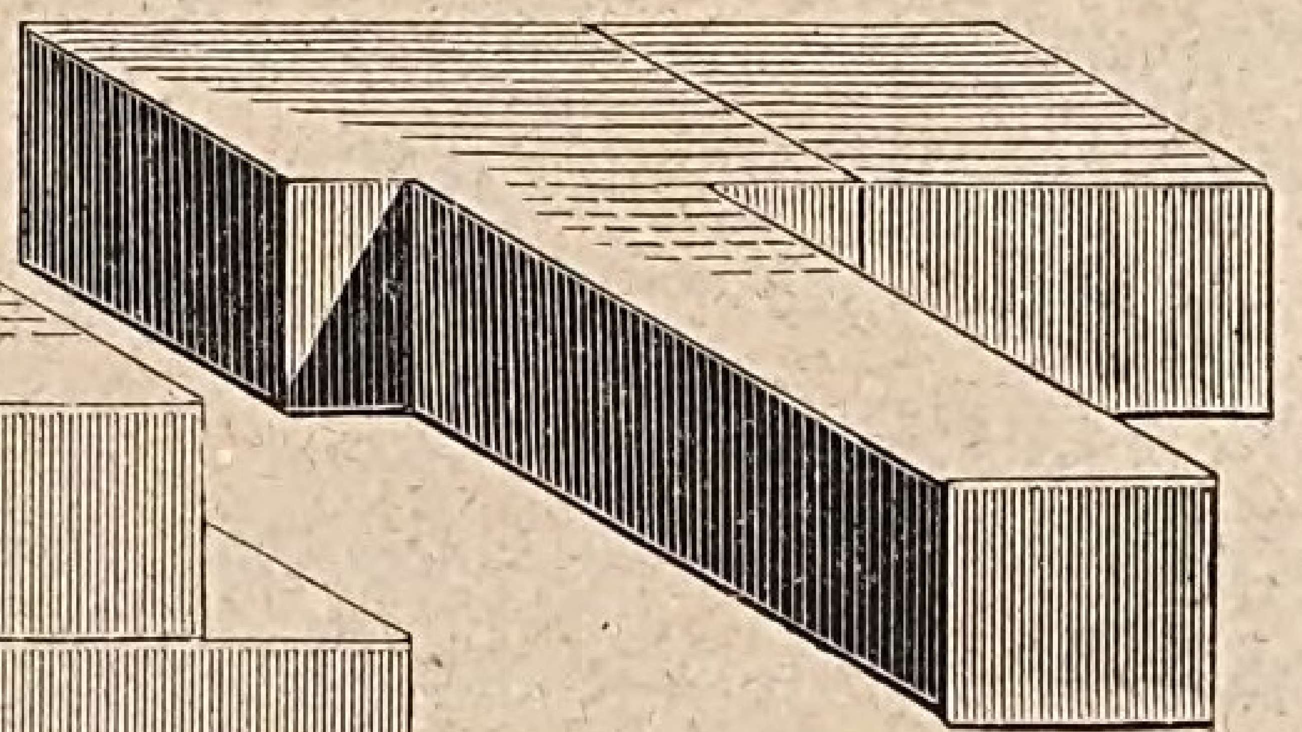


Fig. 81.

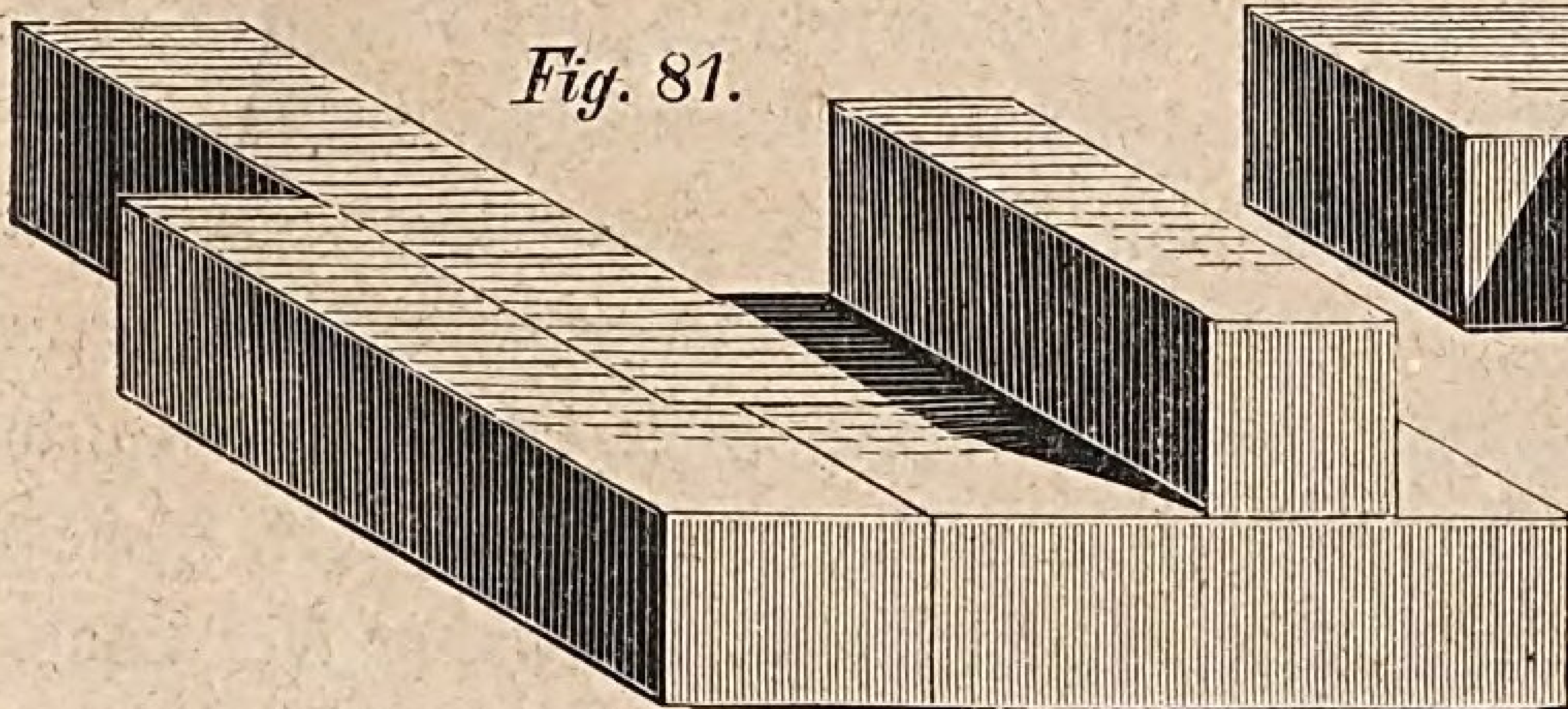


Fig. 84.

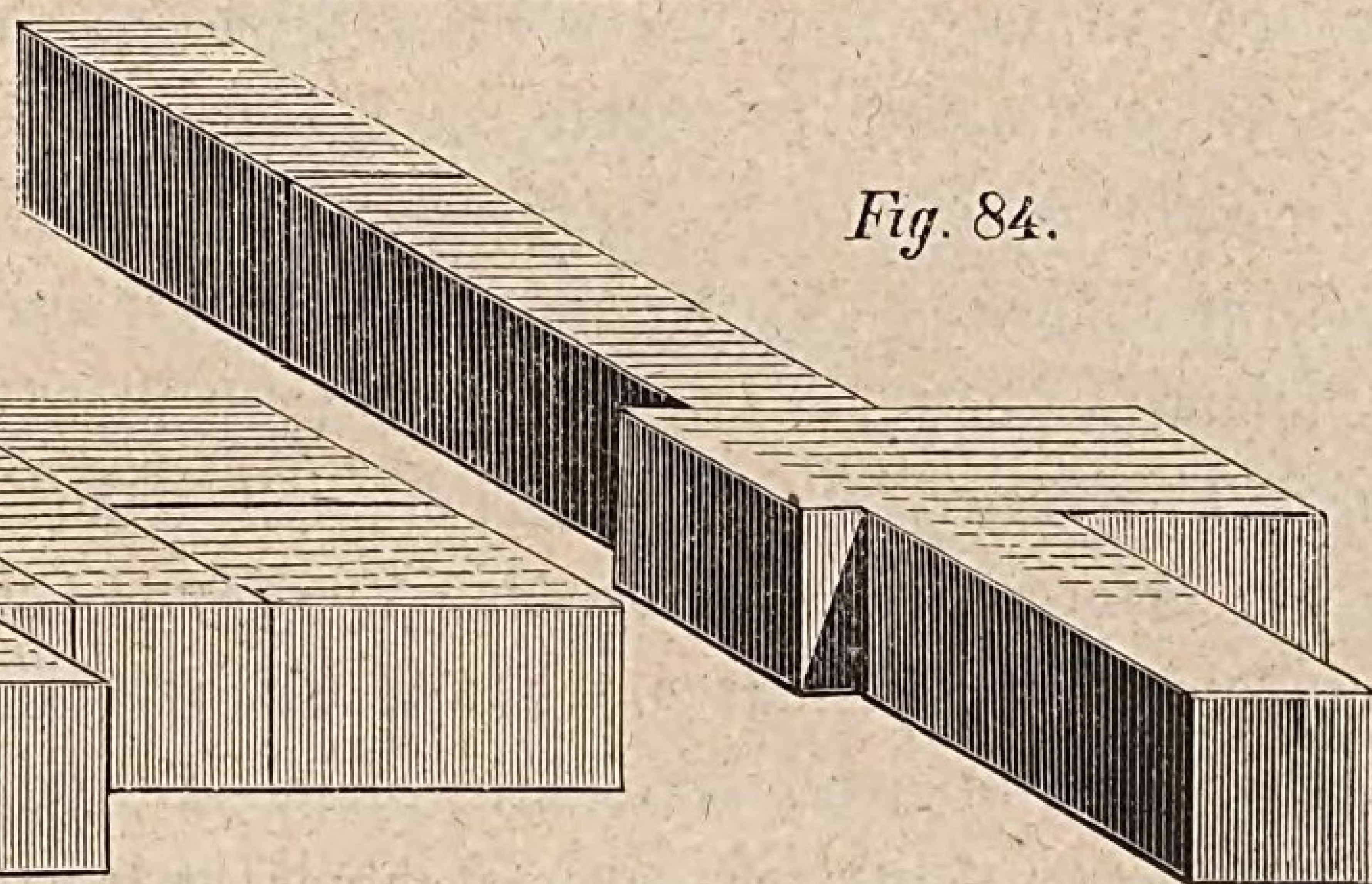


Fig. 83.

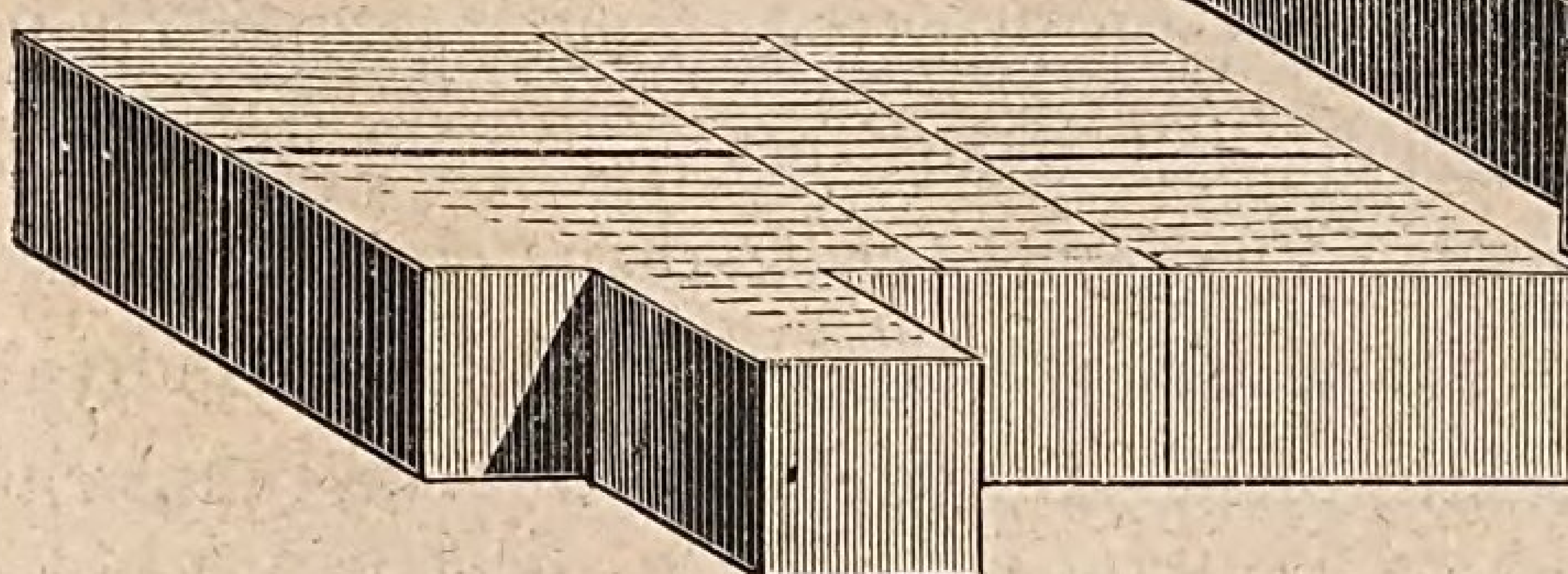


Fig. 86.

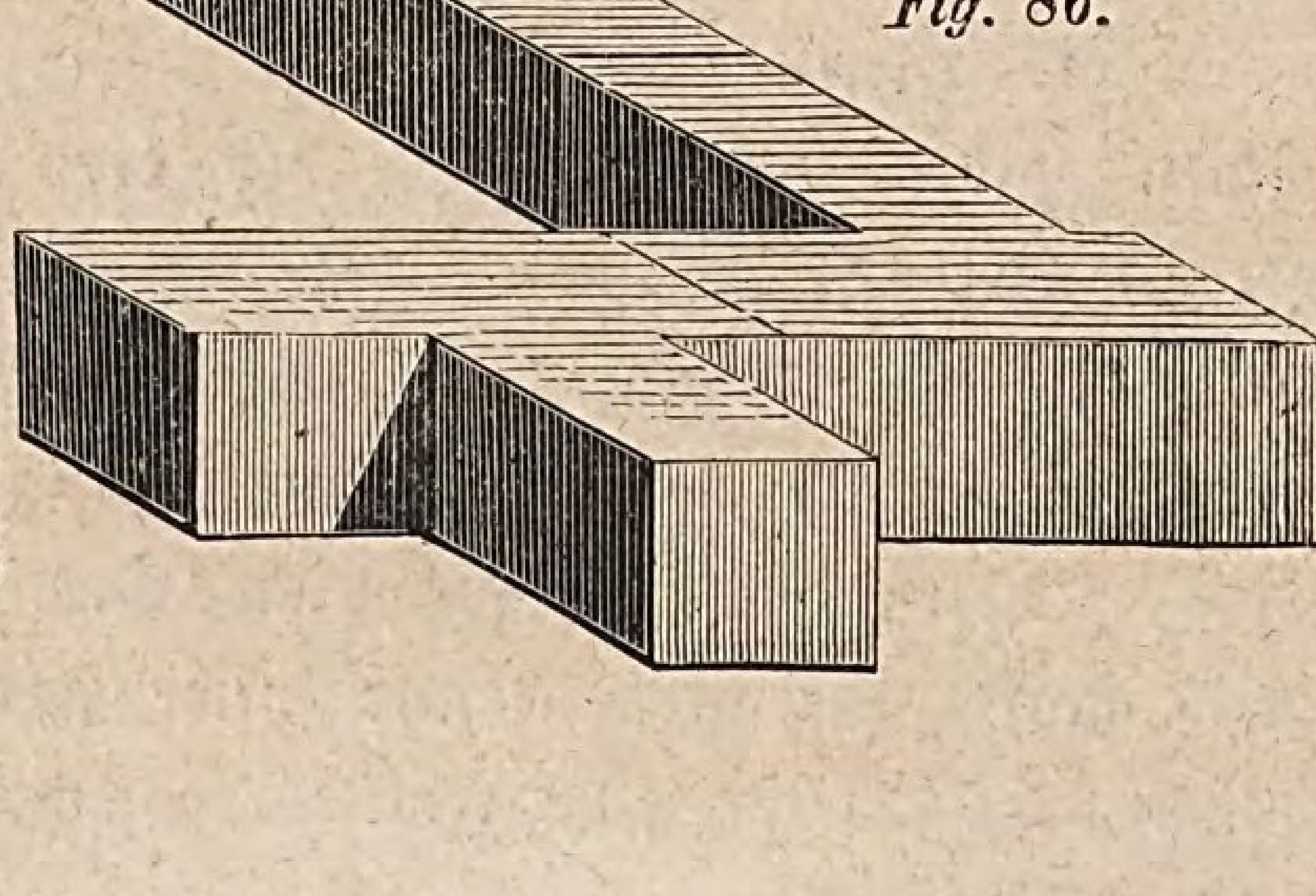
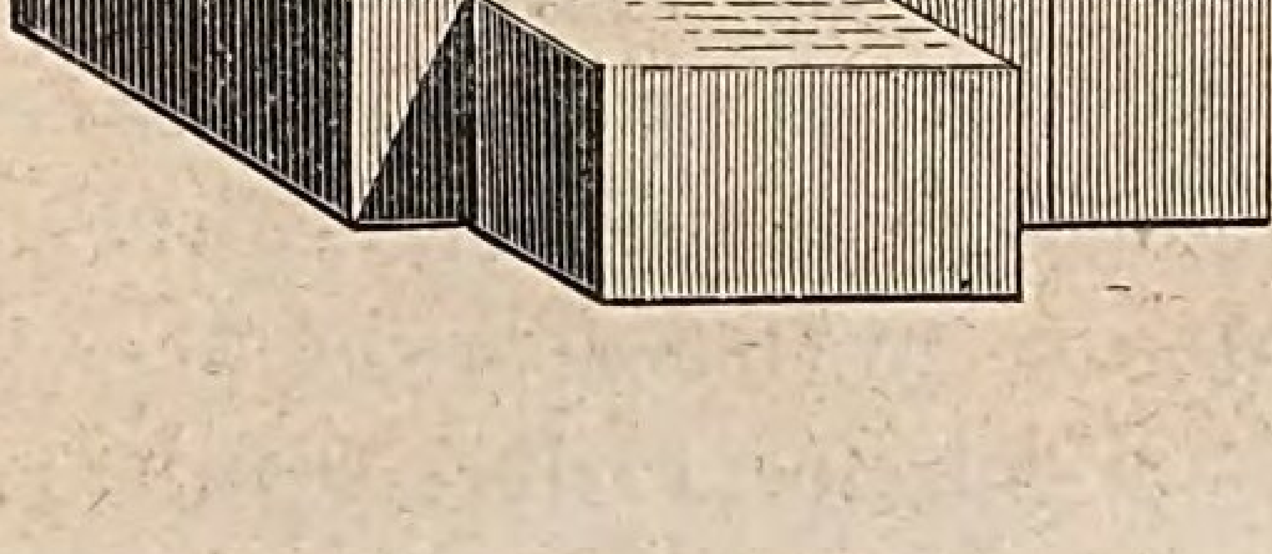


Fig. 85.



niederen Schichten hinweg, so daß dadurch die für sich als Läuferschichten angelegten hohen Schichten in ihrem Verbande bezüglich der niederen Schichten zu Binderschichten werden. Nehmen wir an, daß die Steine der niederen Schichten aus Durchbindern bestünden, so würden dadurch die Steine der hohen Schichten zu Läufern.

Fig. 78 gibt den Verband einer Mauer, deren Dicke durch drei Steinreihen in jeder Schichte gebildet wird. Die untere Schichte besteht aus zwei Reihen Läufern in den Mauerhäuptern, deren Breite gleich ist ihrer Höhe, und zwischen diesen Läufern befinden sich Füllsteine, deren Breite oder Länge das Dreifache ihrer Höhe beträgt, und deren Stoßfugen mit den Stoßfugen der Läufer verwechselt sind. Die obere Schichte hat ebenfalls Läufer in den Mauerhäuptern, doch haben diese die doppelte Höhe zur Breite, so daß sie die unteren Läufer um ihre ganze Breite überdecken und für die Füllsteine nur einen Zwischenraum lassen, dessen Breite nicht mehr beträgt als die Höhe derselben. Durch regelmäßig von Schichte zu Schichte abwechselnde breite und schmale Läufer wird der Querverband, und durch eine Verwechselung der Stoßfugen der zu jeder Schichte gehörigen Steine unter sich und gegen die Schichten ober- und unterhalb wird der Längenverband der Mauer auf eine sehr befriedigende Weise hergestellt.

Wir haben bei den angeführten Verbänden von Quadermauern angenommen, daß die Steine auch im Inneren der Mauer regelmäßig bearbeitet werden. Dieß ist jedoch nicht immer der Fall, und auch nicht geradezu erforderlich. Nach Fig. 79 kann der Verband von Mauern, deren Dicke mehr beträgt als das Doppelte der Steinbreite, aus Läufern und Bindern in jeder Schichte, ohne Durchbinder, und im Inneren aus Füllsteinen von mehr oder weniger unregelmäßiger Gestalt bestehen, wenn nur die Stoßfugen verwechselt werden. Die rechtwinkelige Bearbeitung der Stoßfugen vom Mauerhaupte aus, darf nicht weniger breit sein, als die Steine hoch sind.

Wir haben bis jetzt nur bei den Quaderverbänden die einfache Mauer in Betracht gezogen. Treffen nun aber zwei Mauern so zusammen, daß sie die Mauerecke eines Bauwerkes bilden, so ist noch mit besonderer Sorgfalt auf die Eckverbindung Rücksicht zu nehmen, damit die Ecke mit den beiden Mauern auf das innigste zusammenhängt. Man wählt deßhalb zu Ecksteinen nur solche, welche eine größtmögliche Grundfläche haben, und gibt nach Fig. 80, welche den Eckverband einer Mauer darstellt, die nach beiden Seiten nur aus einfachen Läuferschichten be-

steht, den Ecksteinen Flügel, mit denen sie in die beiden Mauern eingreifen. Die von einer Mauer in die andere überbindenden Flügel dürfen nicht nach beiden Richtungen gleich groß sein, damit eine genügende Verwechselung in den Stoßfugen der übereinanderliegenden Ecksteine stattfindet.

Den Eckverband einer Mauer, deren Dicke durch zwei Steinreihen gebildet wird, geben wir in Fig. 81, aus welcher die Anordnung des Flügels des äußeren und inneren Ecksteins ersehen werden kann. Die Anordnung der Flügel bei dem Zusammentreffen zweier Mauern ist in den Fig. 82 u. 83 dargestellt und geben wir in Fig. 84 u. 85 den Flügelverband, wenn drei Mauern sich an einer Stelle schneiden, sowie in Fig. 86 die Anordnung der Flügel, wenn zwei Mauern mit einer dritten an zwei verschiedenen Stellen zusammentreffen. Diese Figuren weiter erklären zu wollen, erscheint überflüssig, doch glauben wir die Bemerkung hinzufügen zu müssen, daß, wenn mehrere Mauern zusammentreffen, es unbedingt nothwendig ist, den Schichten aller dieser Mauern eine gleiche Höhe zu geben, damit eine gleiche Anzahl von Lagerfugen entsteht und der Druck, welchem die Mauern zu widerstehen haben, sich auf alle Mauern gleichmäßig vertheilt.

2) Zweihäuptige Quaderverkleidung von Mauern, deren Kern aus Füllmauerwerk besteht. Bilden die Quader nur als Verkleidung die Mauerhäupter einer Mauer, deren Kern aus Gußmörtel oder einem Mauerwerk auch Bruch- oder Backsteinen besteht, so hat man darauf zu sehen, daß die beiderseitigen Quaderverkleidungen unter sich verbunden werden, was am vollkommensten nach Fig. 87 erreicht wird, wenn man in jeder Schichte abwechselnd Läufer und Durchbinder anbringt. Hat die Mauer eine so bedeutende Dicke, daß Durchbinder nicht angewendet werden können, so können Halbbinder genommen und dieselben von Schichte zu Schichte verwechselt werden, so daß die Binder des einen Mauerhauptes auf die Mitte der Läufer des gegenüberliegenden Mauerhauptes treffen und sich auf diese Weise von Schichte zu Schichte im Inneren der Mauer überbinden. Da das Füllmauerwerk sich mehr setzt als dieß bei der Quaderverkleidung der Fall ist, so muß das Füllmauerwerk gleichzeitig mit dem Versetzen der Quader hergestellt und auf die Höhe der Quader sorgfältig ausgeglichen werden.

Wir haben in Fig. 87 angenommen, daß an beiden Mauerhäuptern zwischen je zwei Bindern nur ein Läufer zu liegen komme; um aber an Durchbindern oder Bindern zu sparen, kann man zwischen je

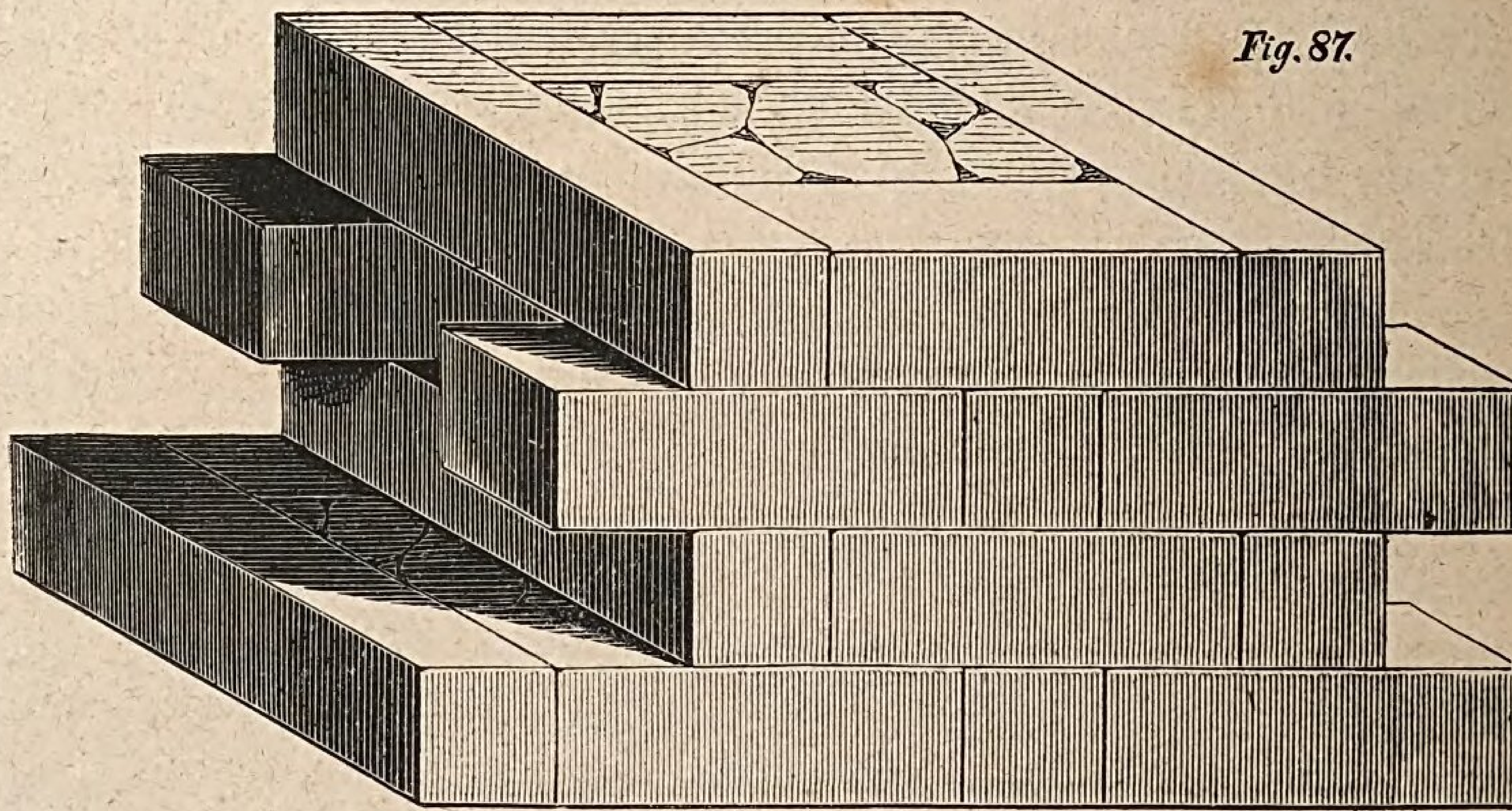


Fig. 87.

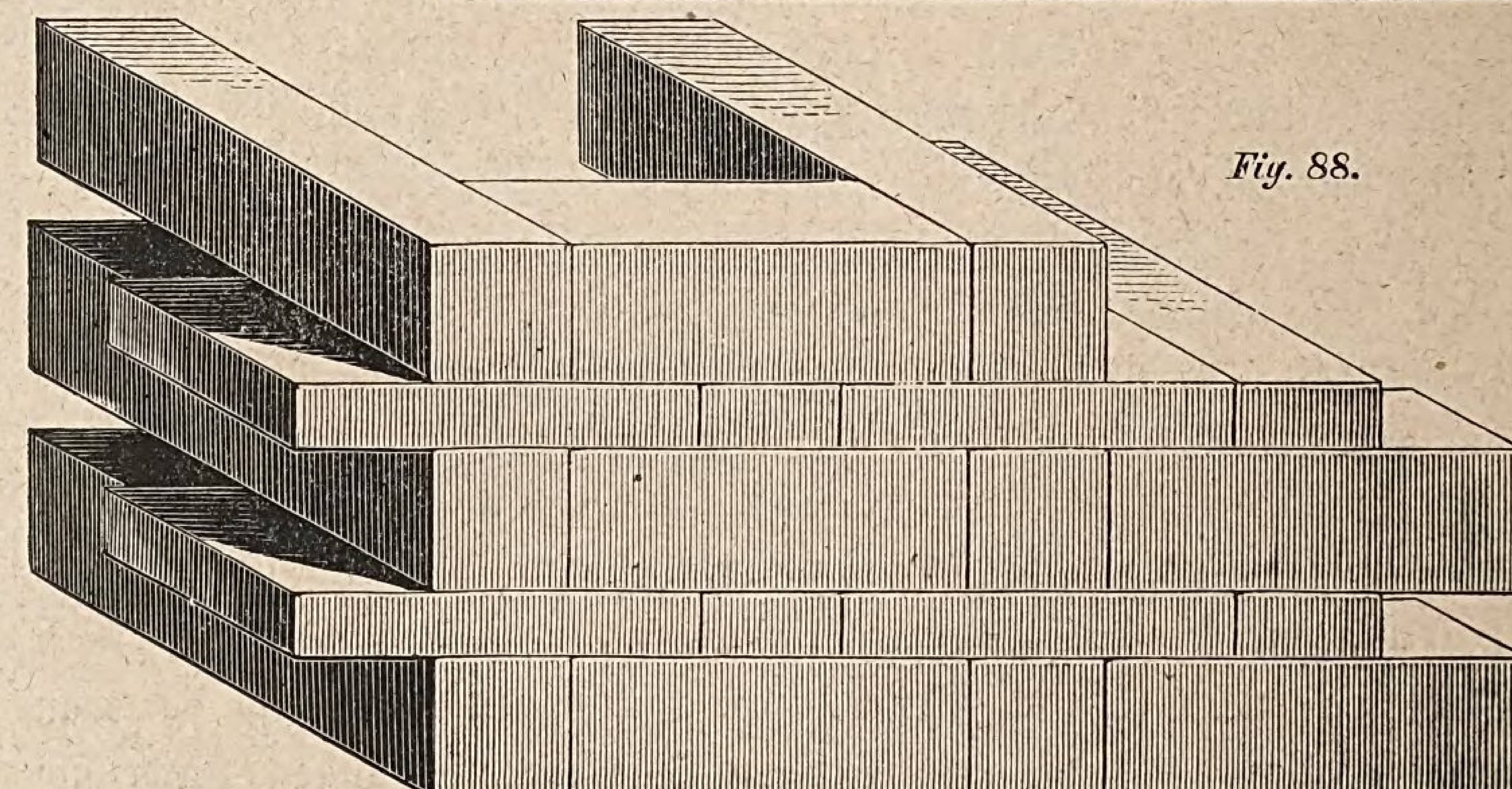


Fig. 88.

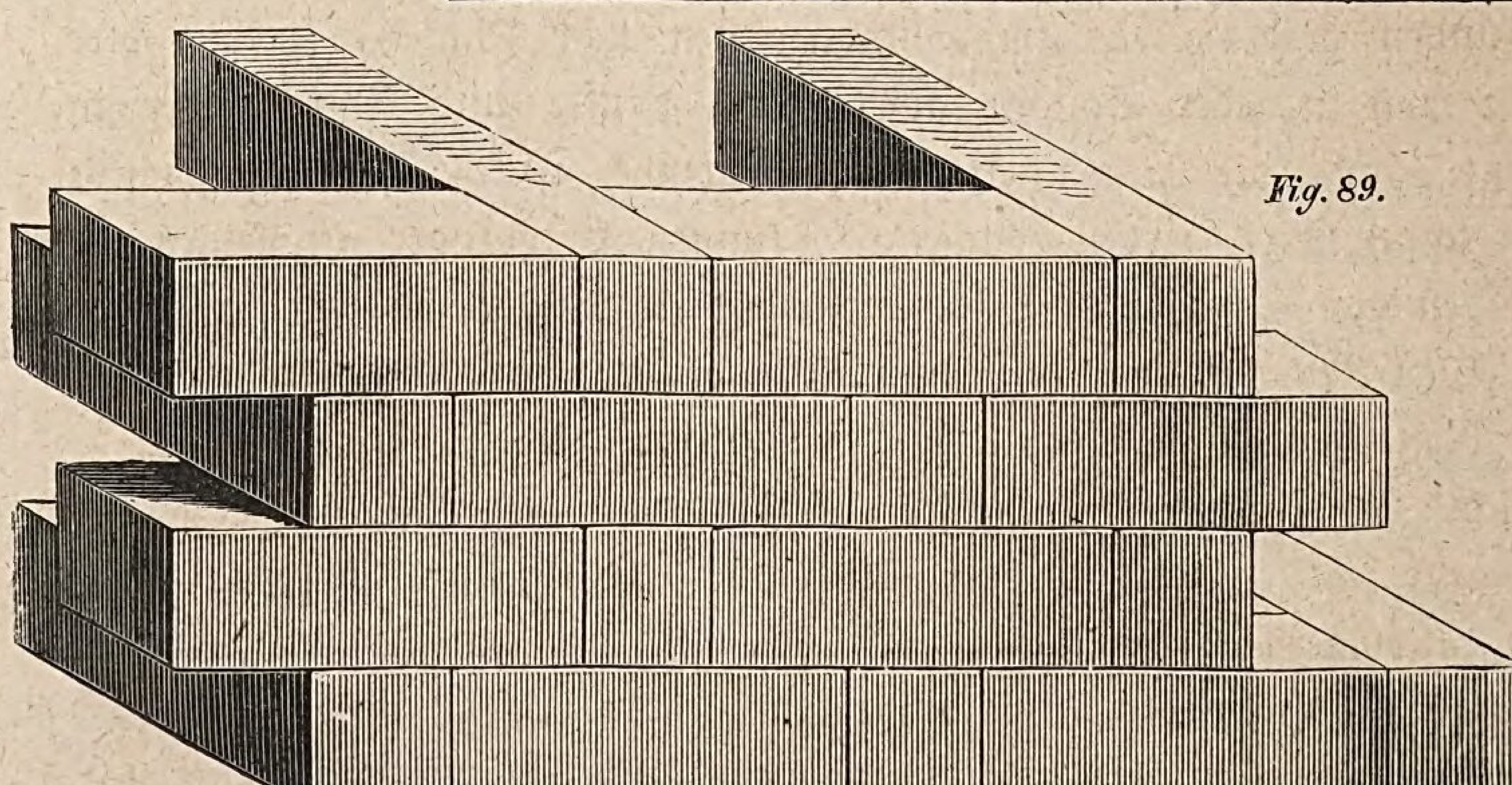


Fig. 89.

zwei Bindern zwei bis drei Läufer legen, wobei zwar die Läufer verschiedene Längen haben können, aber so geordnet werden müssen, daß die Stoßfugen von Schichte zu Schichte gedeckt sind, und daß die Steine ihrer Länge nach mindestens auf die halbe Höhe derselben über die Steine der darüber und darunter liegenden Schichte hinweggehen.

3) Einhäuptige Quaderverkleidung. Wie bei der zweihäuptigen Quaderverkleidung, so werden auch bei der einhäuptigen Quaderverkleidung am zweckmäßigsten solche Verbände angewendet, bei welchen in jeder Schichte Binder und Läufer vorkommen. In den Fig. 88 und 89 sind zwei Verbände dieser Art dargestellt, bei welchen in jeder Schichte Läufer von gleicher Länge mit Bindern von gleicher Breite in den entsprechenden Schichten regelmäßig abwechseln, und welche beide dadurch verändert werden können, daß man zwischen je zwei Bindern zwei bis drei Läufer anbringt, deren Stoßfugen entweder auf die Mitte der Binder treffen, oder, wie bei den einfachen Läufern nach Fig. 88 auf beiden Seiten der Binder vorkommen.

Bei dem Verbande nach Fig. 88 wechseln hohe Schichten mit niederen, und es ist angenommen, daß die Steine der niederen Schichten eine größere Breite haben als die Steine der hohen Schichten, so daß die Läufer der ersteren bezüglich der letzteren schon als Binder zu betrachten sind, weil die Läufer der niederen Schichten über die Läufer der hohen Schichten hinaus in das Füllmauerwerk, welches der Deutlichkeit wegen in der Zeichnung weggelassen ist, eingreifen. Da angenommen werden kann, daß Steine von sehr verschiedener Höhe und Breite auch aus verschiedenen Brüchen bezogen werden, und da in der Regel Steine, welche in der Natur sehr verschieden an Mächtigkeit und Größe der Lagerfläche vorkommen, auch anders gefärbt sind; so kann durch die Anwendung dieses Verbandes, das Mauerwerk bei dem regelmäßigen Farbenwechsel in den Schichten ein gefälliges Ansehen erhalten.

Der in Fig. 89 dargestellte Verband ist der bei gleich hohen Schichten übliche, welcher durch das Einlegen von zwei oder drei Läufern zwischen je zwei Binder, wobei die bereits erwähnte Verwechselung der Stoßfugen zu berücksichtigen ist, leicht abgeändert werden kann.

Bei den bis jetzt betrachteten Quaderverbänden für gerade Mauern haben wir angenommen, daß nur eine senkrechte Belastung derselben stattfinde, und dem entsprechend eine genügende Festigkeit durch das Ueberbinden der Steine und die Anwendung eines gutbindenden Mörtels oder Cements erreicht werde. Bei Wasserbauwerken und in den

Fällen, wo durch Horizontalschub ein Verrücken der Steine oder das Ablösen der Quaderverkleidungen bewirkt werden kann, tritt die Nothwendigkeit ein, eine künstliche Verbindung der Steine unter sich durch Ineinandergreifen, oder eine mechanische Verbindung derselben durch Klammern oder Dübel herzustellen. Wir geben in Fig. 90 zwei Schichten, welche mit 1 und 2 bezeichnet sind, des Verbandes einer einhäuptigen Quaderverkleidung, bei welchem die Quader durch eiserne Klammern, die am besten eingebleit und nach dem Verbleien getheert werden, unter sich zu einem zusammenhängenden Ganzen verbunden sind und gegen das Ausweichen, sowie um den Gesammtwiderstand der Längemauern gegen den Horizontalschub zu vergrößern, sind die Stoßfugen der Steine nach einem außerhalb der Mauer gelegenen Mittelpunkte eines Kreises centrisch geführt, so daß sie als Wölbsteine eines horizonlalen Bogens betrachtet werden können, welcher der Richtung des Horizontalschubs entgegenwirkt. Durch die centrale Richtung der Stoßfugen nach Fig. 90 kann eine größere Widerstandsfähigkeit der Mauern gegen Horizontalschub erreicht und in Folge dessen an Mauermasse erspart werden.

Die Anwendung der eingebleiten Eisenklammern ist kostspielig und nur bei Mauern, welche trocken bleiben zulässig; statt derselben schwalbenschwanzförmige Platten von festem Holze nach Fig. 91 zur Verbindung der Steine an den Stoßfugen anzuwenden, verdient in den meisten Fällen den Vorzug. Bei Mauern im Trockenen werden die Holzplatten von etwa 1 Zoll Dicke trocken in die etwas tiefer eingearbeiteten Oeffnungen eingelegt und mit feinem Sande zwischen den Fugen ausgefüllt und überdeckt; bei Mauern im Wasser können dieselben vor der Verwendung in Oel oder Theer gekocht und sodann in die mit hydraulischem Mörtel oder Cement ausgefüllten Vertiefungen fest eingetrieben werden. Es kann auch eine Verbindung der Steine untereinander durch das Ineinandergreifen der, an den Stoßfugen nach gebrochenen Linien bearbeiteten Steinköpfe erreicht werden. Bei der Anordnung derartiger Verbindungen werden die Binder als Anker betrachtet, welche das Abweichen der Läufer verhindern, und deßhalb auch Ankerbinder genannt. Die Stoßfugen dürfen, der Natur der Steine entsprechend, unter keinem kleineren Winkel als einem rechten bearbeitet werden.

Bei dem in Fig. 92 dargestellten Verbande zweier Schichten einer Mauer mit spitzwinkeliger Ecke, wird die Ecke in allen Schichten durch einen Ankerbinder gebildet, welcher nach der Richtung der Halbirungs-

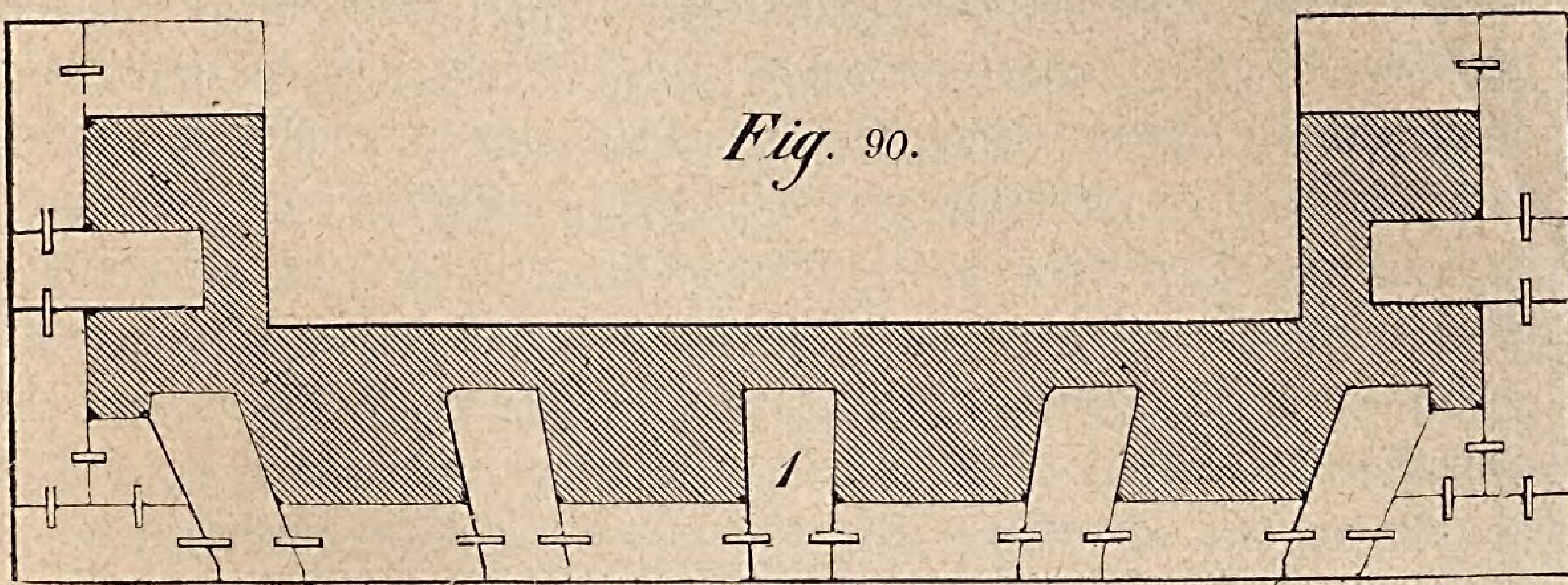


Fig. 90.

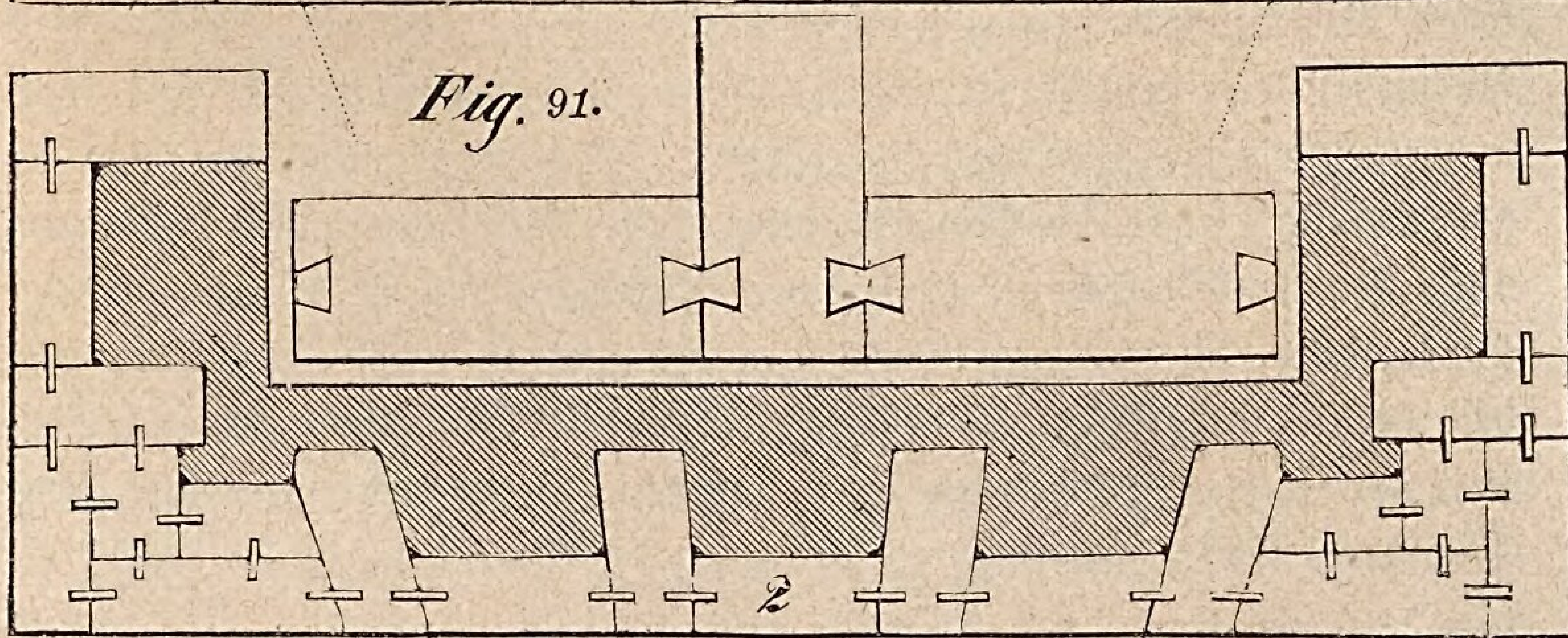


Fig. 91.

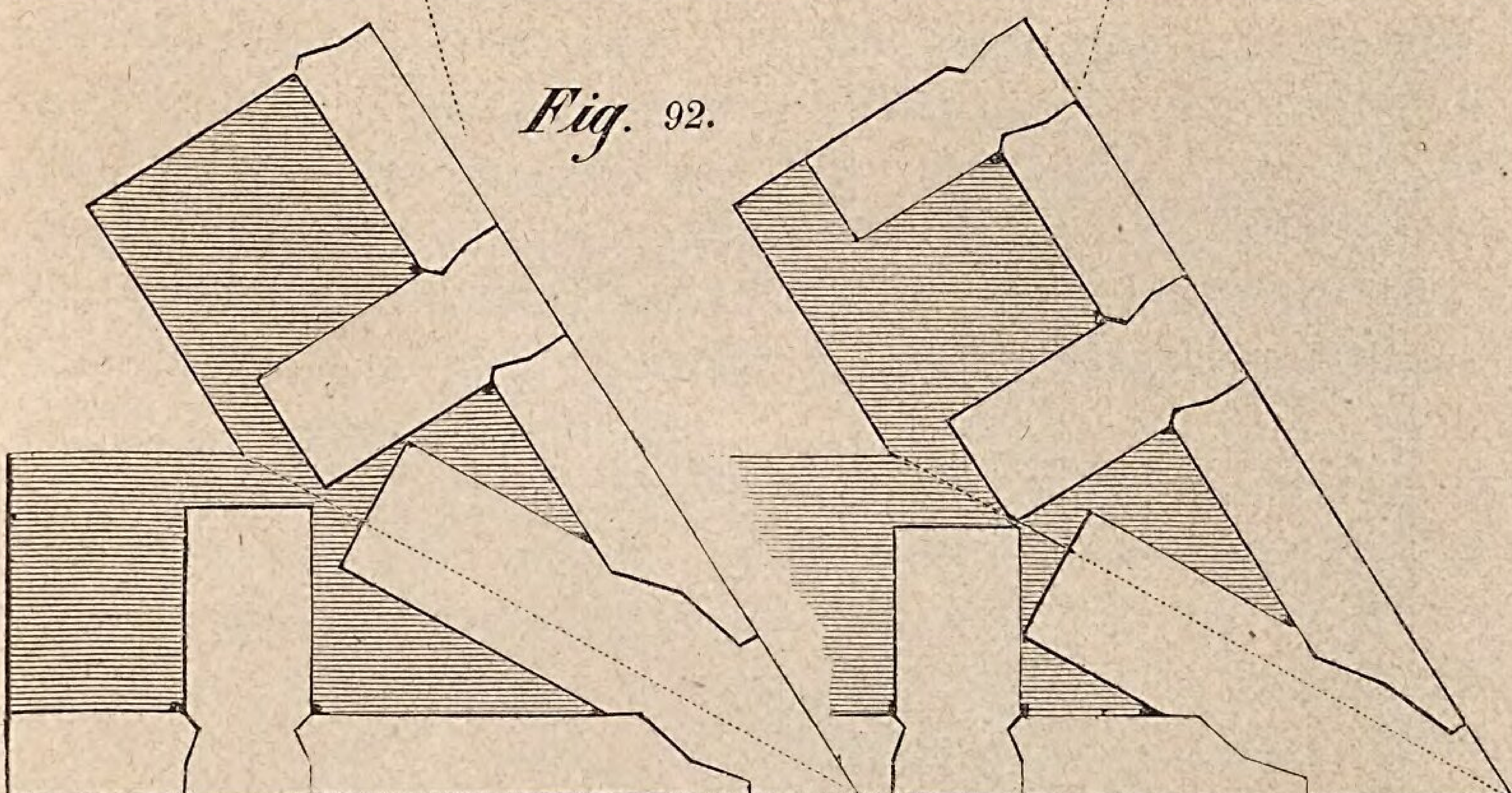


Fig. 92.

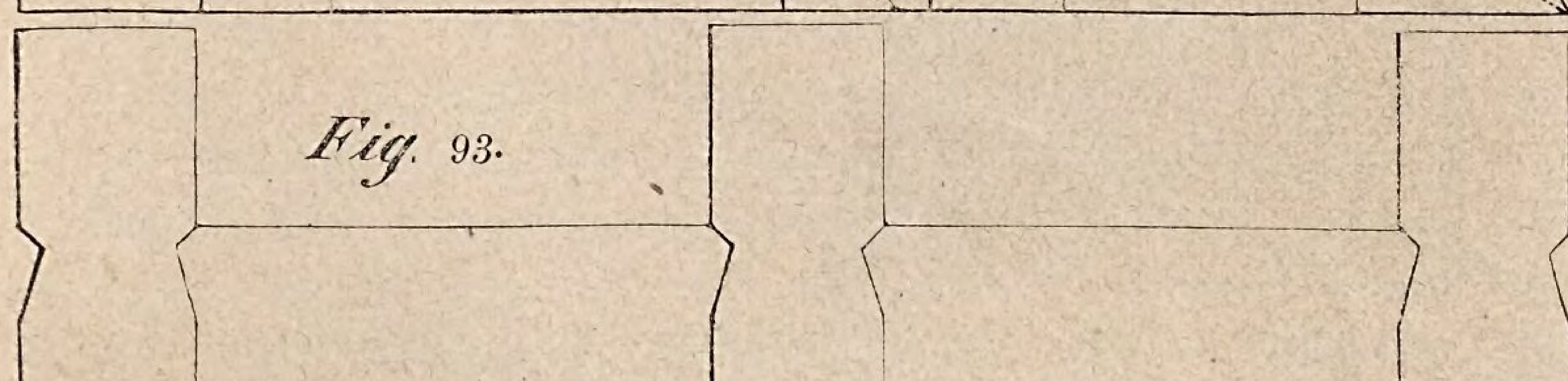


Fig. 93.

linie des von den beiden Mauern eingeschlossenen Winkels so eingelegt ist, daß diese Halbirungslinie den Stein der Länge nach in zwei Theile von ungleicher Breite theilt. Durch das Verlegen der ungleichen Breiten des Eckbinders von Schichte zu Schichte abwechselnd von der einen nach der anderen Mauerseite, ergibt sich die für den Verband erforderliche Verwechselung der Stoßfugen. Fig. 93 gibt den nach gebrochenen Linien bearbeiteten Schnitt der Stoßfugen in größerem Maaßstab, woraus ersichtlich ist, daß die Läufer von der Hinterkante stumpfwinkelig $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll tief in die Binder eingesetzt, von dem Mauerhaupte auf die halbe Breite rechtwinkelig bearbeitet und erst von da ab nach der Versetzung an der Hinterkante schwalbenschwanzförmig eingezogen sind.

B. Ebene Böschungsmauern. Die Anordnung des Verbandes nach der Dicke der Mauern und nach der Größe der dabei in Anwendung kommenden Steine, ist bei den Böschungsmauern dieselbe, wie bei den geraden Mauern mit senkrechten Häuptern. Wir werden deßhalb bei unserer Betrachtung annehmen, daß die Böschungsmauern aus Steinen von solcher Größe bestehen, daß die Breite derselben die ganze Dicke der Mauer ausmacht.

Fig. 94.

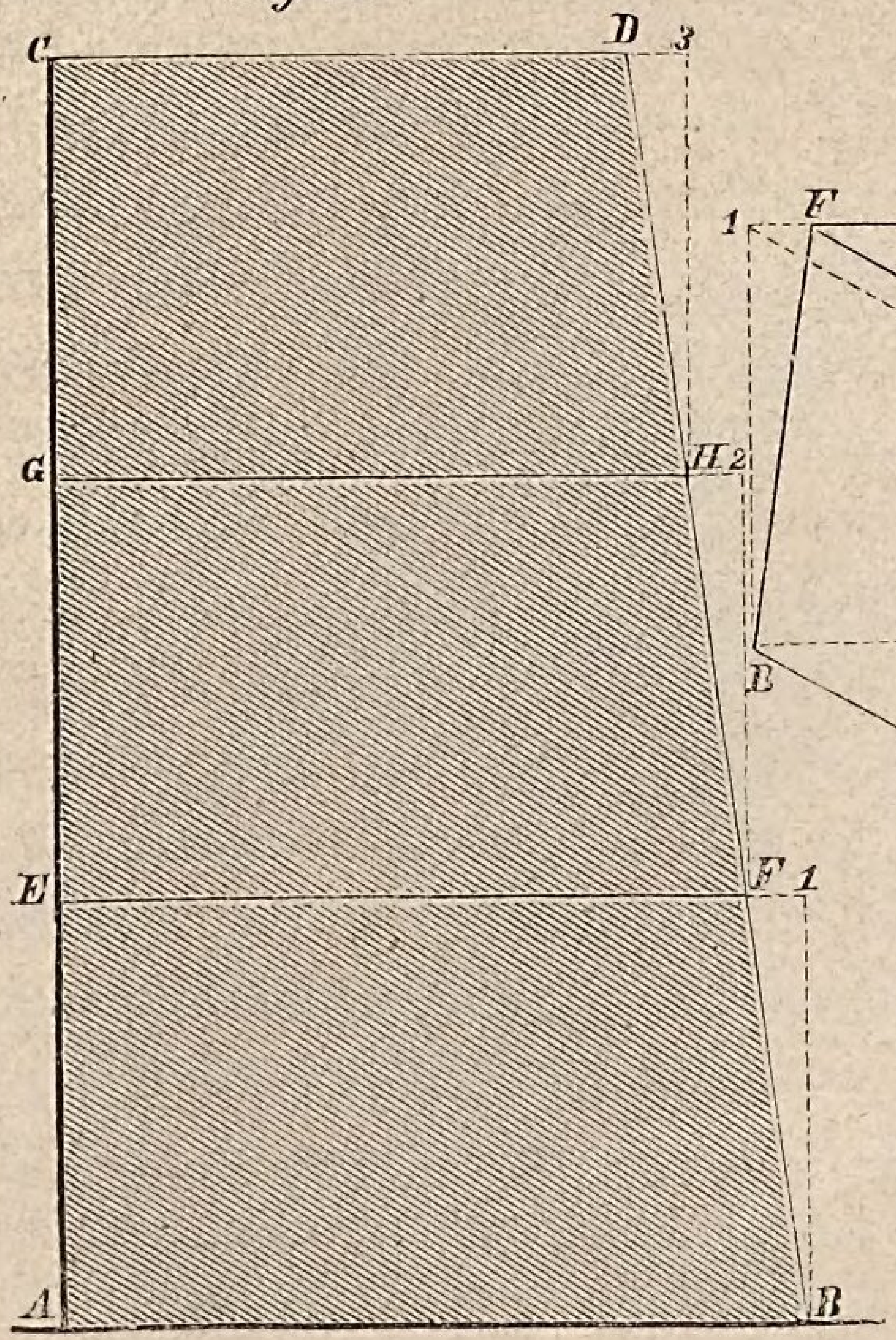
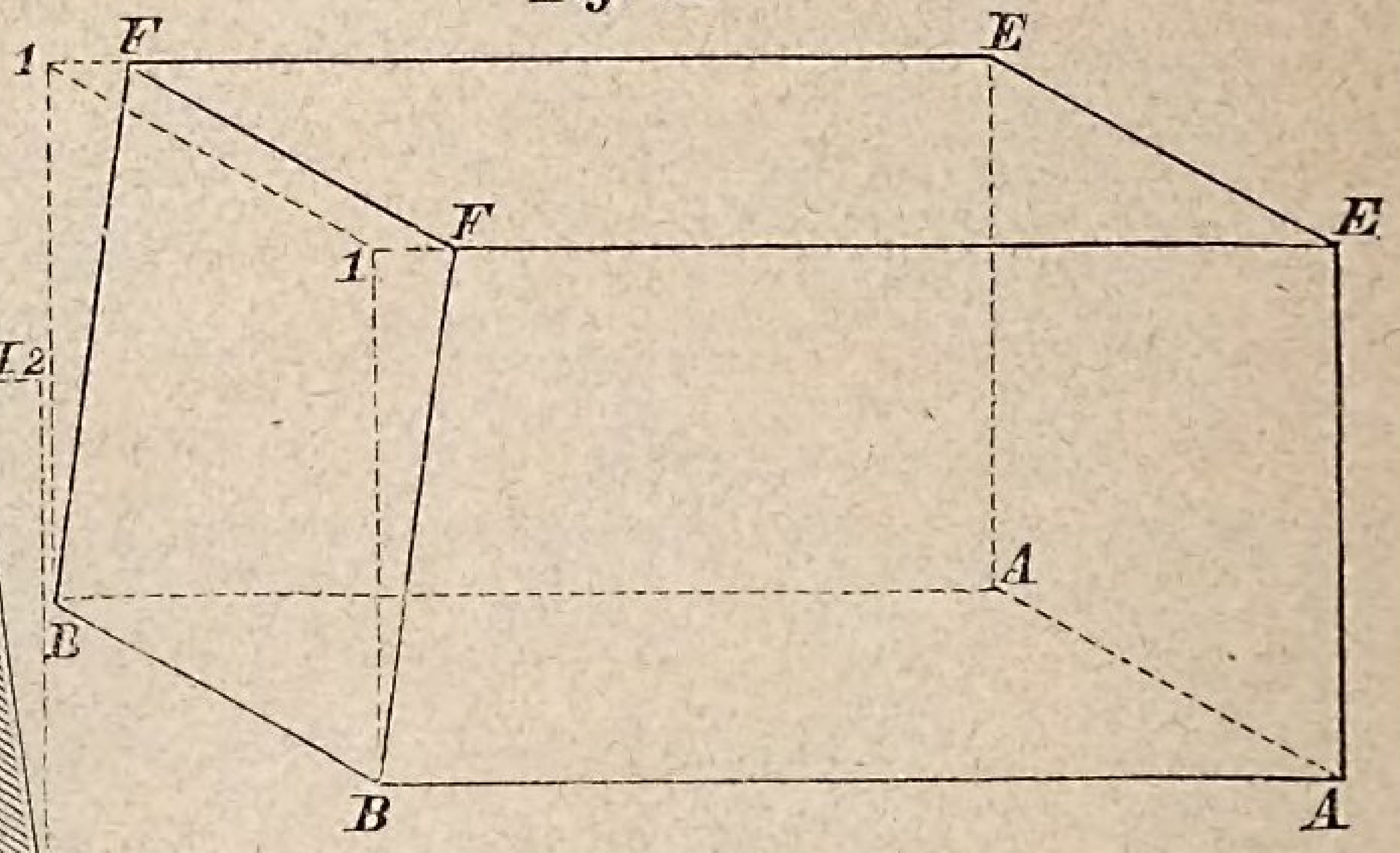


Fig. 95.



Nehmen wir nach Fig. 94 den Durchschnitt einer Böschungsmauer senkrecht auf die Richtung dieser Mauer an, so werden wir nach dem

Neigungswinkel DBA, welchen die Böschungsfläche gegen die Grundlinie AB einschließt, annehmen können, daß die Lagerflächen der Steine nach ihrer ganzen Ausdehnung horizontal durchgeführt werden können, ohne dadurch der Tragfähigkeit derselben erheblich zu schaden. Dieser senkrechte Durchschnitt der Mauer ist als Musterriß hinreichend, um darnach die Steine heraustragen zu können. Nehmen wir an, es seien Steine der ersten Schichte herauszutragen, so hat man einen Stein zu suchen, welcher die Breite AB, die Höhe AE und diejenige Länge hat, welche durch den Längenverband der Mauer vorgeschrieben ist. Es sei ABEF dieser Stein, welcher nach dem Musterrisse bearbeitet werden soll. Nachdem das untere harte Lager ABB^1A^1 bearbeitet ist, wird die Seite AEE^1A^1, welche einen Theil des senkrechten Mauerhauptes ausmachen soll, sodann die beiden Stoßfugen ABEF und $A^1E^1B^1F^1$, welche auf dem Lager und gegen das hintere Haupt rechtwinkelig stehen, und zuletzt das obere Lager EE^1 und FF^1 parallel mit dem unteren und in einer Entfernung AE, welche der Höhe der Schichte nach dem Musterrisse gleich ist, bearbeitet. Um die noch zu bearbeitende Böschungsfläche zu erhalten, macht man AB Fig. 95 an jeder Unterkante der Stoßfugen gleich AB Fig. 94, welches die Breite des Lagers ergibt; aus den Punkten BB^1 Fig. 95 zieht man B^1B^1 winkelrecht auf das Lager, an jeder Fuge, und macht die Entfernungen F^1F^1 Fig. 95 gleich der im Musterrisse Fig. 64 angegebenen Einziehung F^1, der Böschung der ersten Schichte. Werden nun die geraden Linien BB^1 am unteren, FF^1 am oberen Lager und FB, B^1F^1 an den Stoßflächen vorgerissen, und es wird nach diesen Begrenzungslinien die geneigte Fläche eben bearbeitet, so hat der Stein die durch den Musterriß vorgeschriebene Gestalt.

Ebenso verfährt man, um die Steine der anderen Schichten nach dem Musterrisse herauszutragen. Das angegebene Verfahren setzt das genaueste Uebertragen der Maaße von dem Musterrisse auf die Steinflächen voraus, und gibt, wenn das Vorzeichnen der Steine mehreren Arbeitern überlassen werden muß, Veranlassung zu ungenauer Bearbeitung derselben. Es ist weniger zeitraubend, und es wird die Bearbeitung der Steine übereinstimmender, wenn man, nachdem man die Breite des Lagers vorgezeichnet hat, die Neigung der Böschungsfläche vermittelst eines beweglichen Winkelmaßes angibt, mit welchem man die Oeffnung des Winkels ABD Fig. 94, den die Böschung gegen das Lager bildet, abnimmt, um ihn in Bezug auf das untere Lager an die Steine zu tragen. Wir haben dieses bewegliche Winkelmaß, welches

Schmiege genannt wird, bereits bei den zur Bearbeitung der Steine erforderlichen Werkzeugen beschrieben, und haben nur noch zu bemerken, daß bei der Anwendung desselben zum Uebertragen der Böschungslinie, der stärkere Schenkel desselben an das Lager angeschlossen und die schwächere Zunge nach dem Böschungswinkel gerichtet und sodann festgeschraubt wird.

Sind die Steine in großer Anzahl zu bearbeiten, so kann man auf eine einfachere und dabei schärfere Weise die vorgeschriebene Form auf die Fugen der Steine vorzeichnen, wenn man ein Stück Blech, ein Brett oder einen Pappdeckel nach der im Musterrisse vorgeschriebenen Form und Größe ausschneidet, dasselbe dann genau auf die Fugen des Steins legt und die Begrenzungslinien an dem Rande desselben scharf hinzieht. Das in einer bestimmten Form ausgeschnittene Blech oder Brett wird Schablone oder Kopfbrett genannt und findet bei der Bearbeitung der Steine von unregelmäßiger Gestalt die ausgedehnteste Anwendung. Man bezeichnet das Bearbeiten nach der Schablone, als Brettung oder das Abbretten.

Die bei der vorbeschriebenen Böschungsmauer Fig. 94 angenommenen horizontalen Lager stehen in Widerspruch mit dem aufgestellten Grundsatze, daß die Winkel aneinanderliegender Steinflächen immer rechte und niemals spitze sein müßten. Ist hier bei geringer Neigung des Mauerhauptes der spitze Winkel am harten Lager eher zulässig, so darf dagegen bei Mauern mit starker Neigung der Böschung, der spitze Winkel nicht vorkommen.

Wie in solchen Fällen verfahren werden kann, zeigen die Fig. 96, 97 und 98, welche senkrechte Durchschnitte von Mauern darstellen, bei welchen horizontal durchgeführte Lagerflächen mit der Seite der Böschung spitze Winkel bilden würden.

Bei Fig. 96 ist angenommen, daß die Böschung der Mauer eine ebene Fläche bilde, und daß die Lagerflächen zum Theil horizontal und zum Theil senkrecht auf die Fläche der Böschung gerichtet sind. Aus den Punkten F und D, welche die Kanten der Seiten auf der Böschungsfläche darstellen, werden die Graden Ff und Dd senkrecht auf die Grade BD der Böschung gezogen; diese Senkrechten unter sich, ungefähr 3 bis 4 Zoll, gleich gemacht. Zieht man nun von den Punkten f und d ꝛc. die Graden ef und cd parallel mit AB, so drücken die gebrochenen Linien Ddc und Ffe die Lager der Schichten aus, welche von e nach f und von c nach d horizontal, von f nach F und

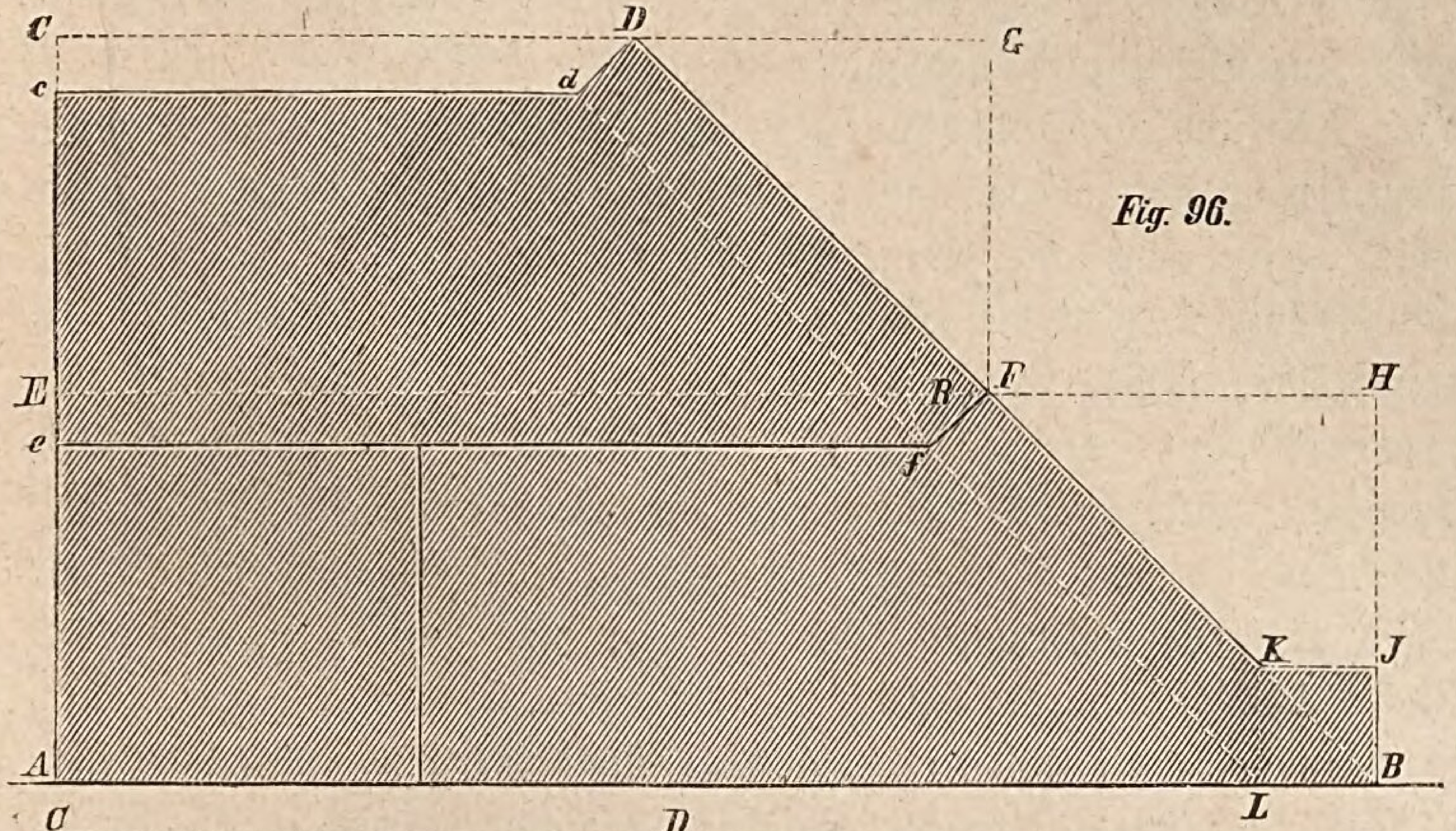


Fig. 96.

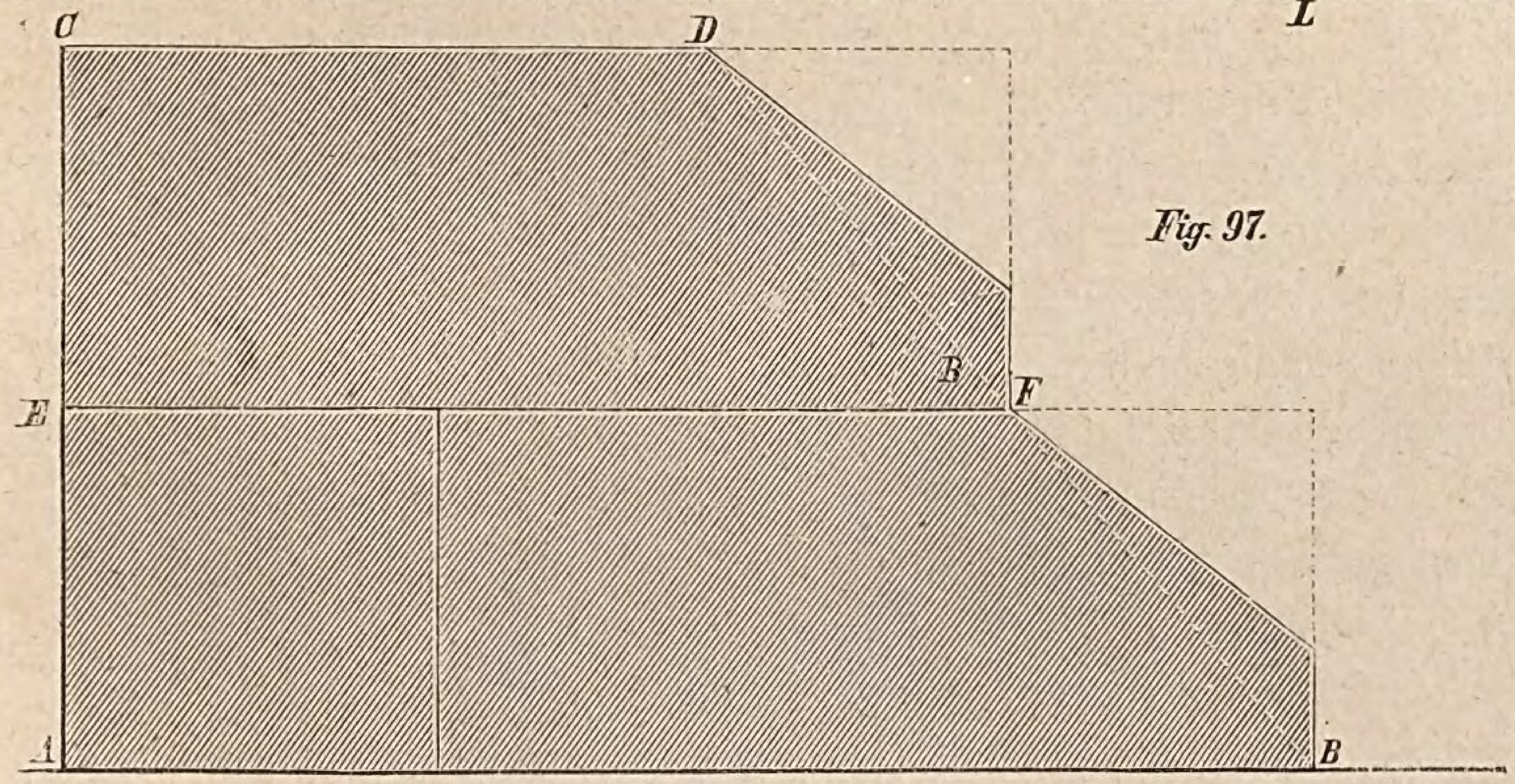


Fig. 97.

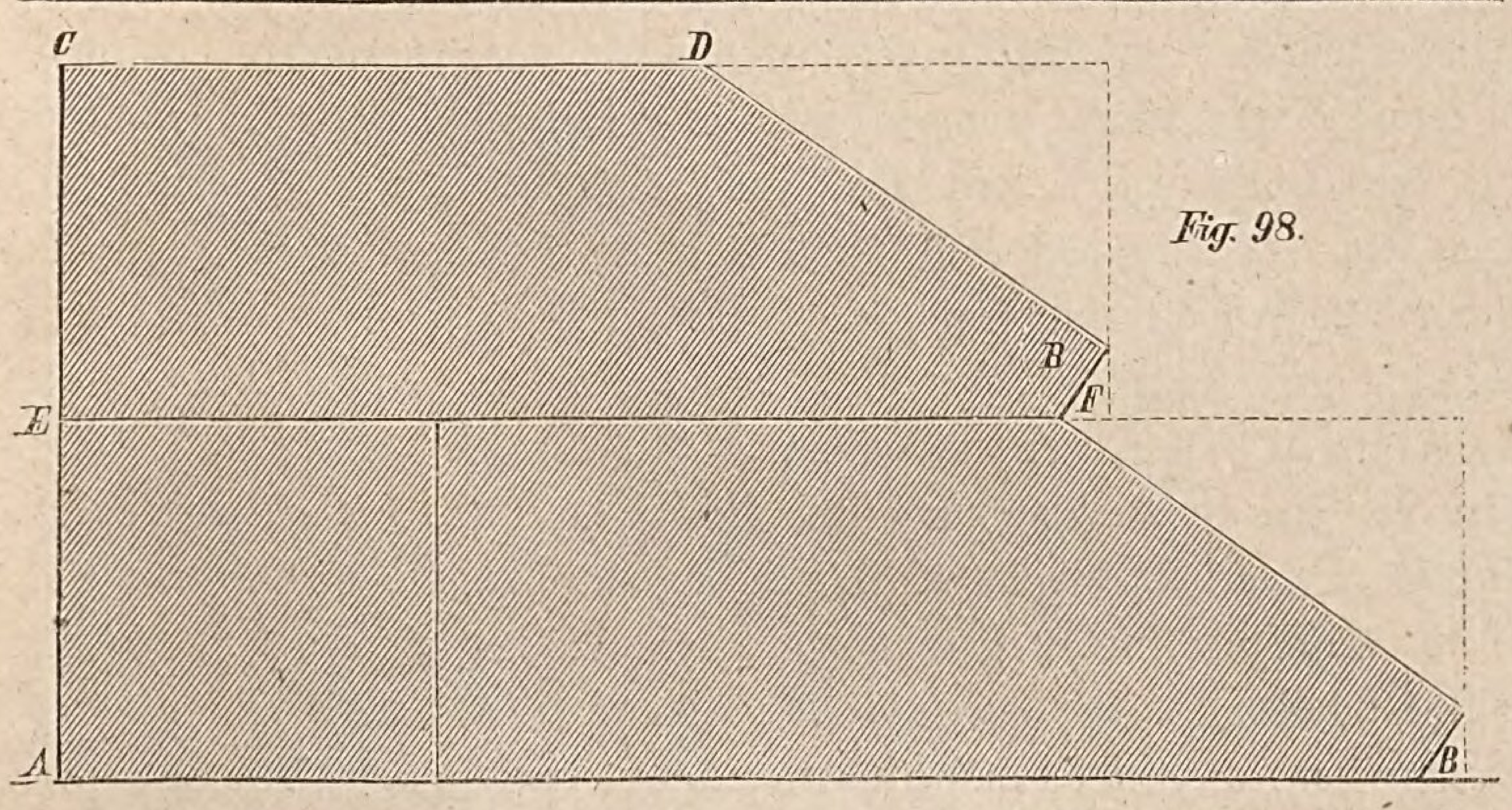


Fig. 98.

von d nach D aber senkrecht gegen die Fläche der Böschung gerichtet sind. Zur Beseitigung des spitzen Winkels, welcher von dem unteren Lager AB und der Böschungsseite der ersten Schichte gebildet wird, errichtet man am zweckmäßigsten aus der Kante des Lagers der ersten Schichte eine senkrechte Ebene BJ bis zu der waagrechten Linie des Bodens über welchen die Schichte sich erhebt, oder bis zu einer beliebigen Höhe, welche hier in JK auf die halbe Höhe des Steins angenommen ist, und bearbeitet den oberen Theil KF dem Theile der Böschungsseite entsprechend, welcher über der Waagrechten JK liegt. Diese Anordnung verdient allgemein angewendet zu werden, und müssen wir es als durchaus fehlerhaft bezeichnen, wenn man statt dessen den spitzen Winkel ABF durch eine senkrechte Ebene KL abschneidet, weil dadurch die Grundfläche der unteren Schichte verkleinert, und in Folge dessen die Stabilität und Festigkeit der Mauer vermindert wird. Die vorbeschriebene Anordnung eignet sich insbesondere für solche Böschungsmauern, deren Außenseite nur die Stärke der Mauer ausmacht, wie dieß bei den Flügelmauern der Brücken, Viadukte u. s. w. der Fall ist, weil hier die von der Böschungsfläche in die vertieften Lagerfugen eindringende Nässe an den Seiten wieder abgeleitet wird. Bei Böschungsmauern von bedeutender Länge und an den Enden wieder mit anderem Mauerwerk verbunden, würden die einwärts gebrochenen Lagerflächen wegen der eindringenden Nässe die Festigkeit und Dauer dieser Mauern beeinträchtigen.

Bei der Ausführung von Böschungsmauern mit starker Neigung, kann man die spitzen Winkel, welche durch die unteren Lager und die Böschungsfläche der Steine gebildet werden, in den Fällen umgehen, wo die Böschungsfläche nicht in einer Ebene liegen muß. Die Fig. 97 und 98 stellen zwei Arten dar, nach denen verfahren werden kann. Nach Fig. 97 wird von der in die Böschungslinie treffenden Kante der unteren Lagerfläche eine senkrechte Ebene errichtet, dieser eine Höhe von zwei bis drei Zollen gegeben und von dieser aus eine Ebene bis an die Kante des oberen Lagers geführt. Bei dem Verfahren nach Fig. 98 wird von der in die Böschungslinie treffenden Kante des oberen Lagers eine Ebene vor die Böschungslinie tretend so geführt, daß sie von der in die Böschungslinie treffenden Kante des unteren Lagers 3 bis 4 Zoll absteht und von dieser Ebene aus, rechtwinkelig nach der Kante des unteren Lagers, eine Ebene geführt, welche einen stumpfen Winkel gegen die untere Lagerfläche bildet.

Die Bearbeitung der Steine wird, nachdem die beiden Lagerflächen, die hintere senkrechte Außenseite, sowie die Stoßfugen bearbeitet sind,

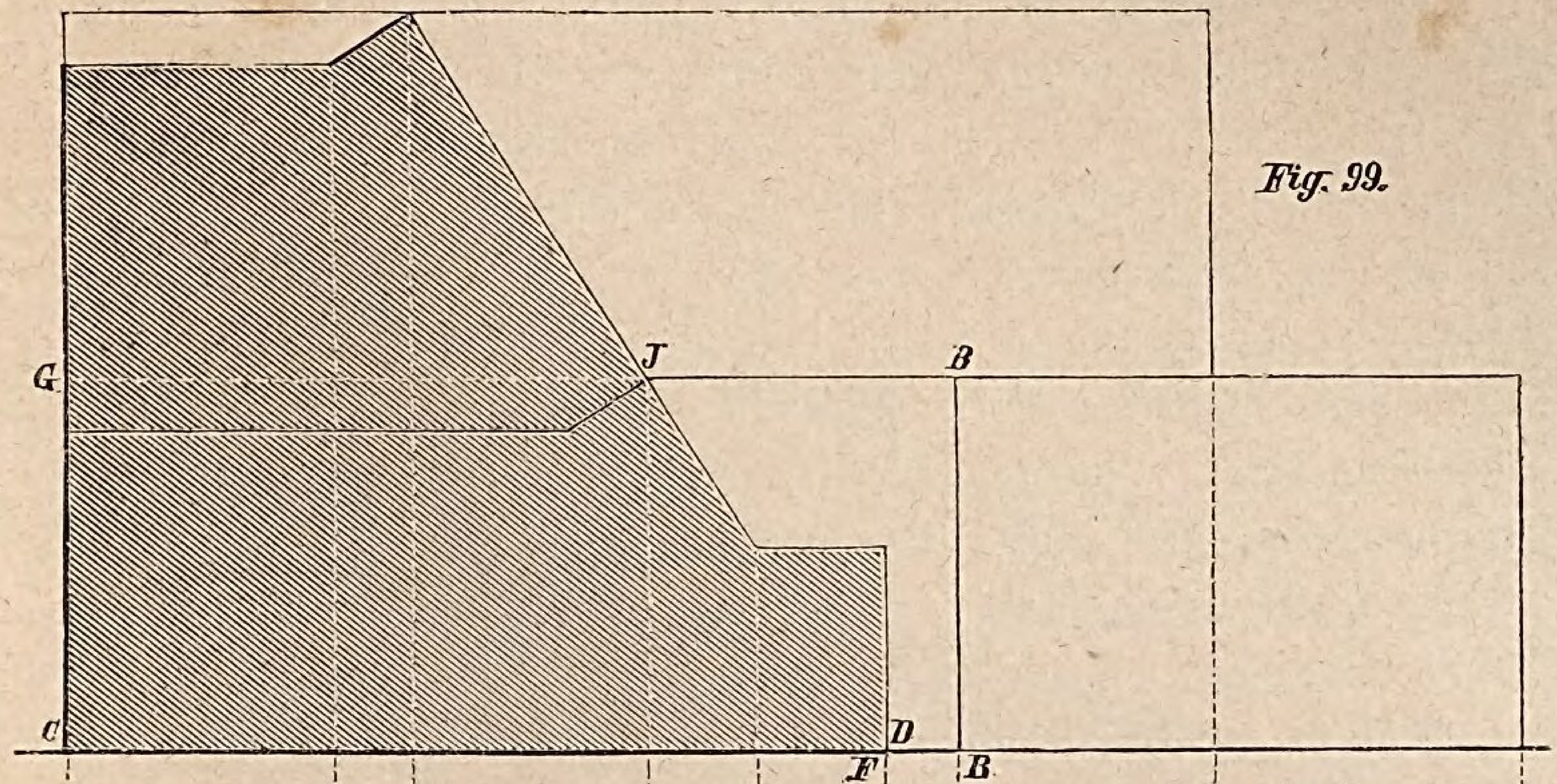


Fig. 99.

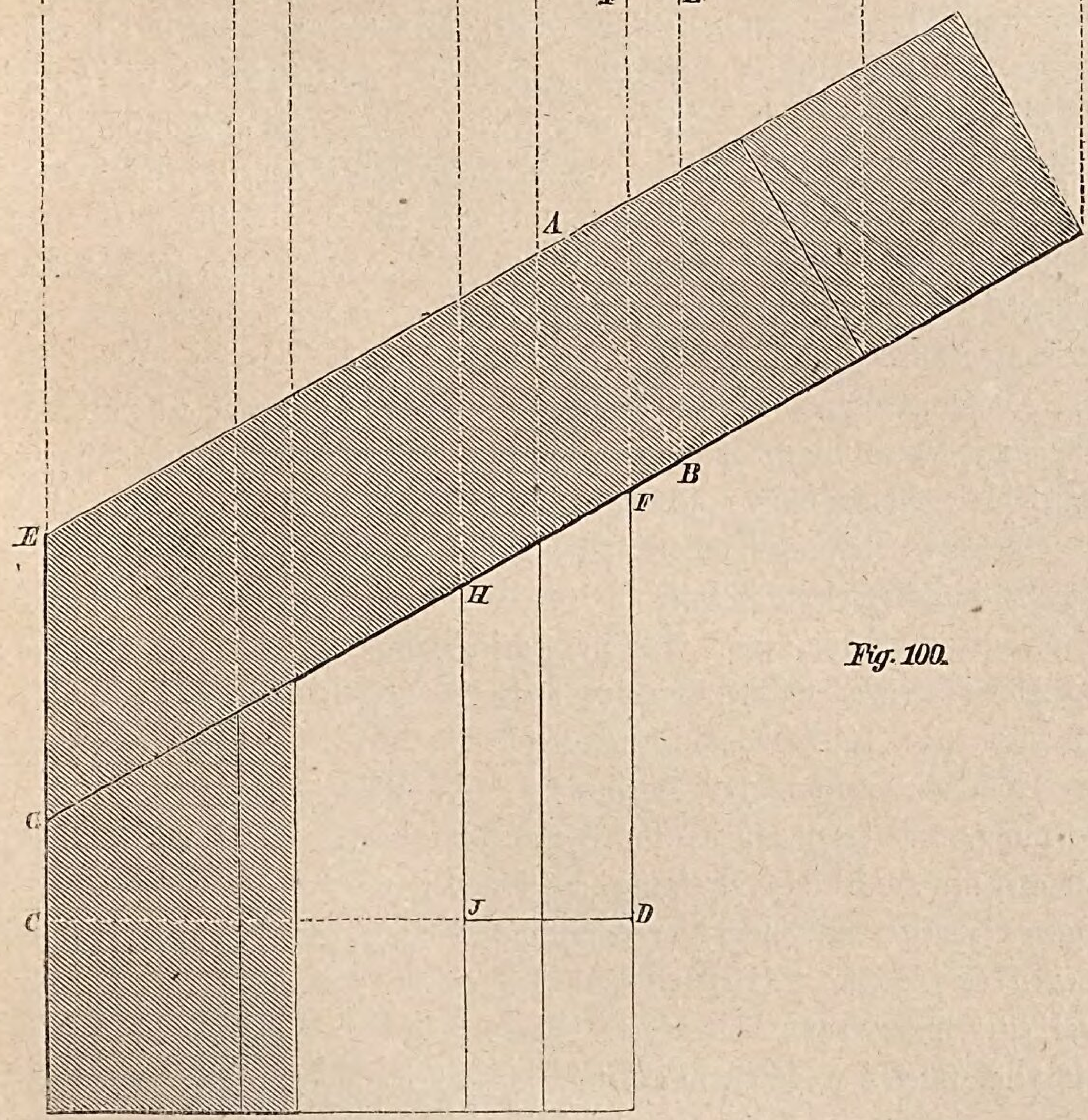


Fig. 100.

nach Schablonen vorgenommen, welche, nach dem Musterrisse eines senkrechten Durchschnittes der Mauer herausgetragen, an die Stoßflächen der Steine gelegt und auf den zu bearbeitenden Seiten der Böschungsfläche vorgezeichnet werden. Man nennt solche Schablonen, nach welchen die Form der Steine an den Stoßfugen vorgezeichnet wird, Kopfschablonen. Haben die Schichten einer Mauer eine gleiche Höhe, so kann man sich, da die Schablone nur auf die zu bearbeitende Böschungsfläche Bezug hat, einer und derselben Schablone bedienen, wenn auch die Steine von ungleicher Breite sind; haben dagegen die Steinschichten verschiedene Höhen, so sind für die verschiedenen Schichten auch verschiedene Schablonen erforderlich, und man hat sich bei der Bearbeitung der Steine jeder Schichte der Schablone zu bedienen, welche auf die Schichte Bezug hat. —

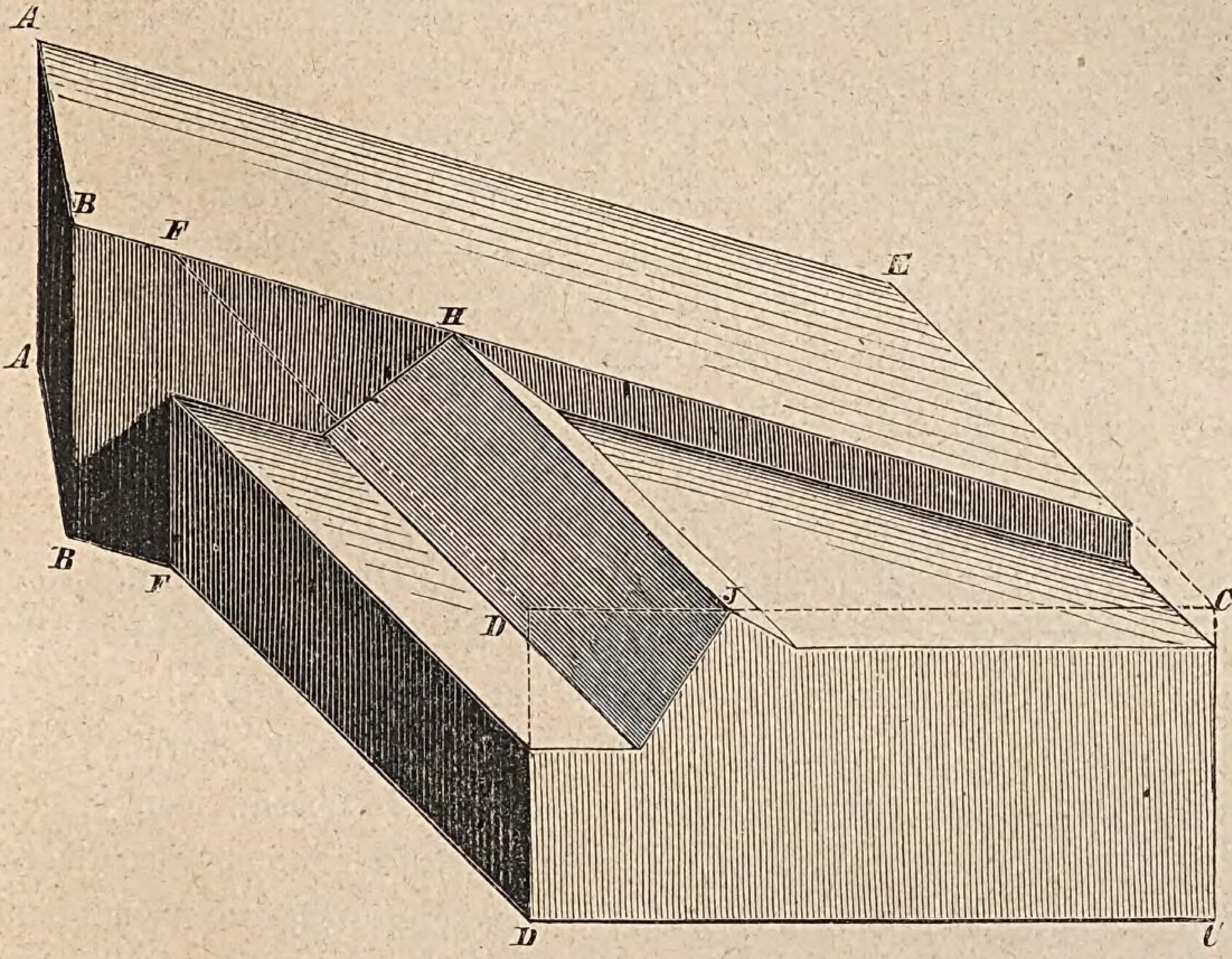
Nehmen wir den Fall an, daß eine Böschungsmauer mit einer geraden Mauer unter irgend einem Winkel zusammentreffe, wie in Fig. 99 in der Verticalprojection, welche zugleich den senkrechten Durchschnitt der Böschungsmauer gibt, und in Fig. 100 in der Horizontalprojection dargestellt ist; so werden wir die Lagerflächen der Steine, welche Theile sowohl der geraden als auch der geböschten Mauer bilden, für jeden Mauertheil besonders anordnen müssen. Die Lagerflächen der Steine, insoweit sie Bestandtheile der geraden Mauer ausmachen, können nämlich horizontal durchgeführt werden, während die Lagerflächen der Steine in der Böschungsmauer von den Kanten, welche die Lagerflächen mit den Böschungsflächen bilden, zur Vermeidung des spitzen Winkels rechtwinkelig gegen die Böschungsfläche gebrochen werden müssen.

Nehmen wir einen solchen Stein der ersten Schichte, wenn AB Fig. 100 die Horizontalprojection der Stoßfugen des Theils ist, welcher in die gerade Mauer, und CD die Horizontalprojection der Stoßfugen des Theils, welcher in die Böschungsmauer geht, so ist die Fig. CEABFD die Form des Lagers von diesem Steine.

Nach dieser Form des Steins im Grundrisse macht man nun eine Brettung, und sucht dann einen Stein von der Höhe der ersten Schichte auf dessen Lager die Brettung aufgetragen werden kann. Ist das Lager bearbeitet und nach der Brettung vorgezeichnet, so werden alle Seiten des Steins winkelrecht auf das Lager nach der Vorzeichnung bearbeitet und sodann das obere Lager, nach der Höhe der Schichte, mit dem unteren Lager parallel und ganz eben.

Durch diese Bearbeitung erhält man einen Stein von der in Fig. 101 angegebenen Form, an welchem zur Vollendung nichts mehr fehlt, als die Böschungsseite und die Lagerfläche des Theils, welcher zur Böschungsmauer gehört, die nun nach der Kopfbrettung bearbeitet werden. Die

Fig. 101.



rechtwinkelig gegen die Böschungsfläche gebrochene Lagerfläche wird nur bis zu der verlängerten Seite BFG ausgearbeitet, so daß nur die Kante JK in die Ebene des zuerst horizontal bearbeiteten oberen Lagers fällt. Eine Vergleichung der in dem Musterrisse Fig. 100 gesetzten Buchstaben mit den entsprechenden des in Fig. 101 dargestellten Steins macht alle weitere Beschreibung überflüssig.

Die Steine der anderen Schichten werden auf gleiche Weise vorgezeichnet, indem man eine Brettung für die Lagerformen jeder Schichte macht. Die Brettung für die unterste Schichte kann zu jeder der folgenden höheren Schichten benutzt werden, indem sie nur an dem Theile, welcher der Böschungsmauer entspricht, nach oben an Breite abnimmt, und ebenso, noch der Verwechselung der Stoßfugen des Verbandes wegen, nur nach beiden Richtungen der Mauern länger oder kürzer wird, welche Veränderungen in der Schablone vorgezeichnet und darnach die Stoßfugen rechtwinkelig auf die äußeren Begrenzungslinien CE und EA angetragen werden können.

Es werden die Schablonen, welche man anfertigt, um auf die Lager der zu verzeichnenden Steine gelegt zu werden, **Lagerschablonen** genannt. Wir behalten diese Benennung bei und werden sie in vorkommenden Fällen ohne weitere Umschreibung anwenden.

C. **Windschiefe Böschungsmauern.** Nehmen wir an, daß eine Mauer von gleicher Stärke an der Grundfläche, zwei verschiedene Böschungen habe, so daß nach Fig. 102, welche den senkrechten Durchschnitt dieser Mauer darstellt, der Winkel ABC die Neigung der Böschung sei, welche sich an der Linie C′B′ im Grundriß Fig. 103 endigt, und der Winkel ABD die Neigung der Böschung, welche sich an der Linie D′B″ endigt; so wird die Vereinigung dieser beiden Böschungen CBD′B″ eine windschiefe Fläche sein, welche aus einer geraden Linie erzeugt wird, die, indem sie immer wagrecht bleibt, zugleich auf den zwei geraden Linien hingleiten würde, welche die unter verschiedenen Winkeln geneigten ebenen Böschungsflächen begrenzen. Diese Linien sind in der Vertikalprojection Fig. 102 durch BC und BD, und in der Horizontalprojection Fig. 103 durch B′C′ und B″D′ dargestellt.

Da nun die Kanten der unteren und oberen Lager einer Steinschichte innerhalb der windschiefen Böschungsfläche nicht parallel unter sich sind, so würden die Stoßfugen eines Steines, wenn man sie winkelrecht mit den zwei Kanten der windschiefen Seite machen wollte, ebenfalls windschief sein, und wollte man die Stoßfugen nur mit einer Kante winkelrecht annehmen, so würden an der anderen Kante spitze Winkel entstehen, die mehr oder weniger in's Auge fallen und aus bereits angeführten Gründen bei dem Schnitt der Hausteine nicht vorkommen dürfen.

Der erste Uebelstand muß und kann ganz beseitigt, dem letzteren aber kann nur annähernd abgeholfen werden, und zwar auf folgende Weise Soll an irgend einer Stelle der windschiefen Böschung eine Stoßfuge angebracht werden, so nimmt man diese senkrecht gegen eine erzeugende gerade Linie an, welche zwischen der unteren und oberen Kante der windschiefen Seite in der betreffenden Steinschichte in der Mitte liegt. Um hiernach die Richtung GHJ irgend einer Stoßfuge in der zweiten Schichte zu erhalten, halbirt man die zur Schichte gehörigen Theile der Begrenzungslinien D′B″ und C′B′ der windschiefen Böschung im Grundrisse Fig. 103, und zieht durch diese Halbirungspunkte die gerade Linie LM, welche die in der Mitte zwischen der oberen und unteren Kante liegende Leitlinie darstellt, und auf dieser errichtet man eine Senkrechte GHJ, so ist diese die Richtung der Stoßfuge, hier

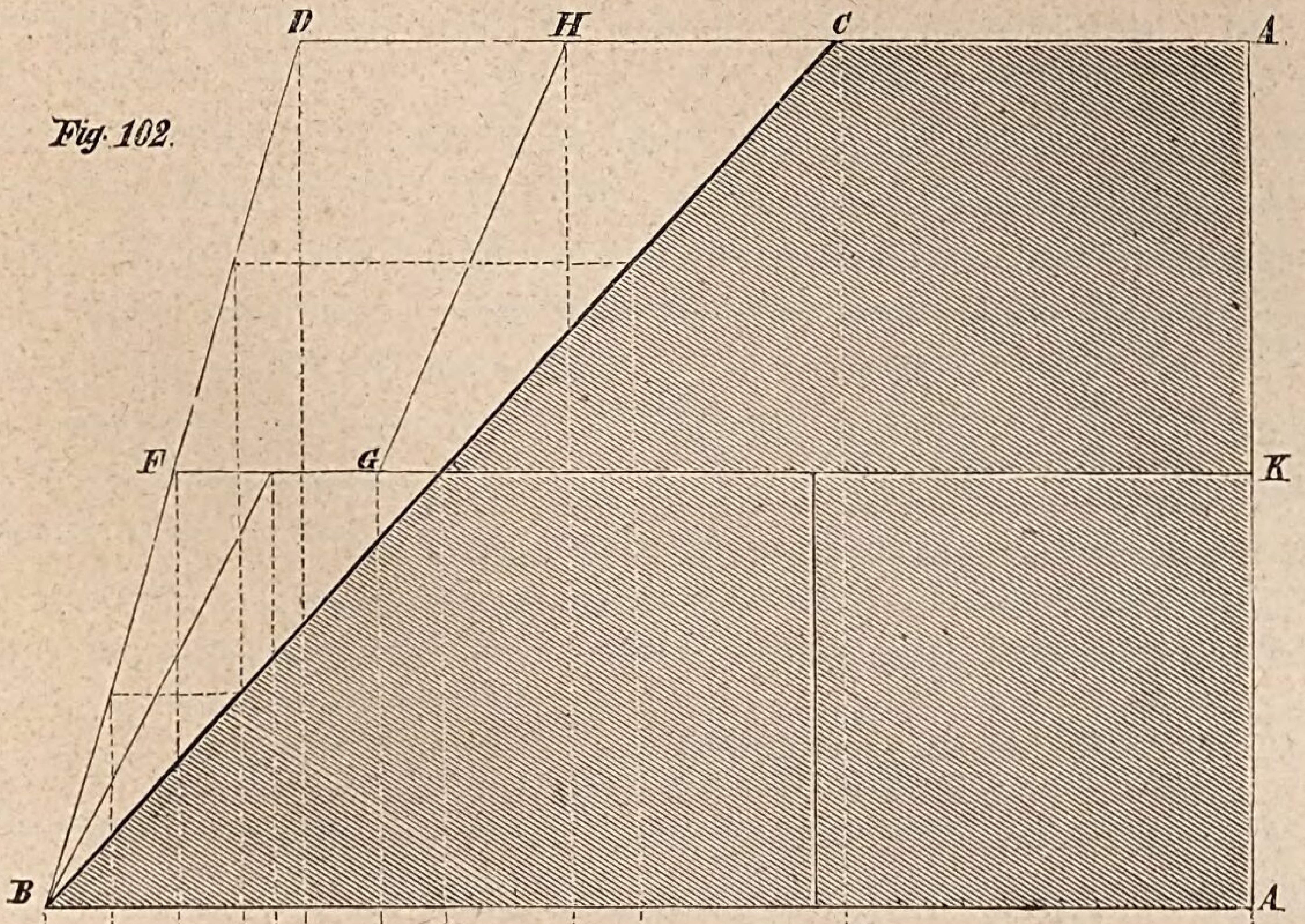


Fig. 102.

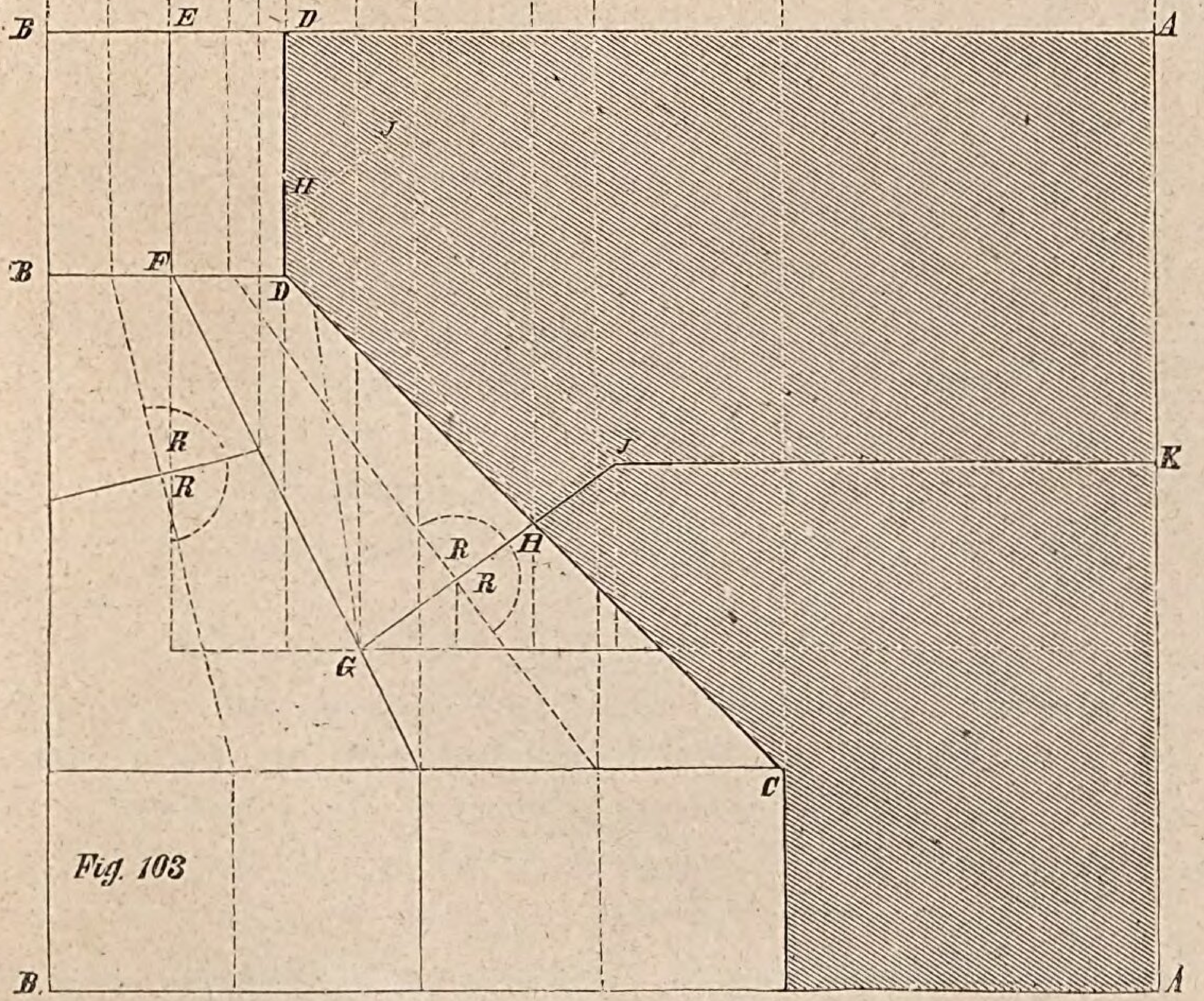


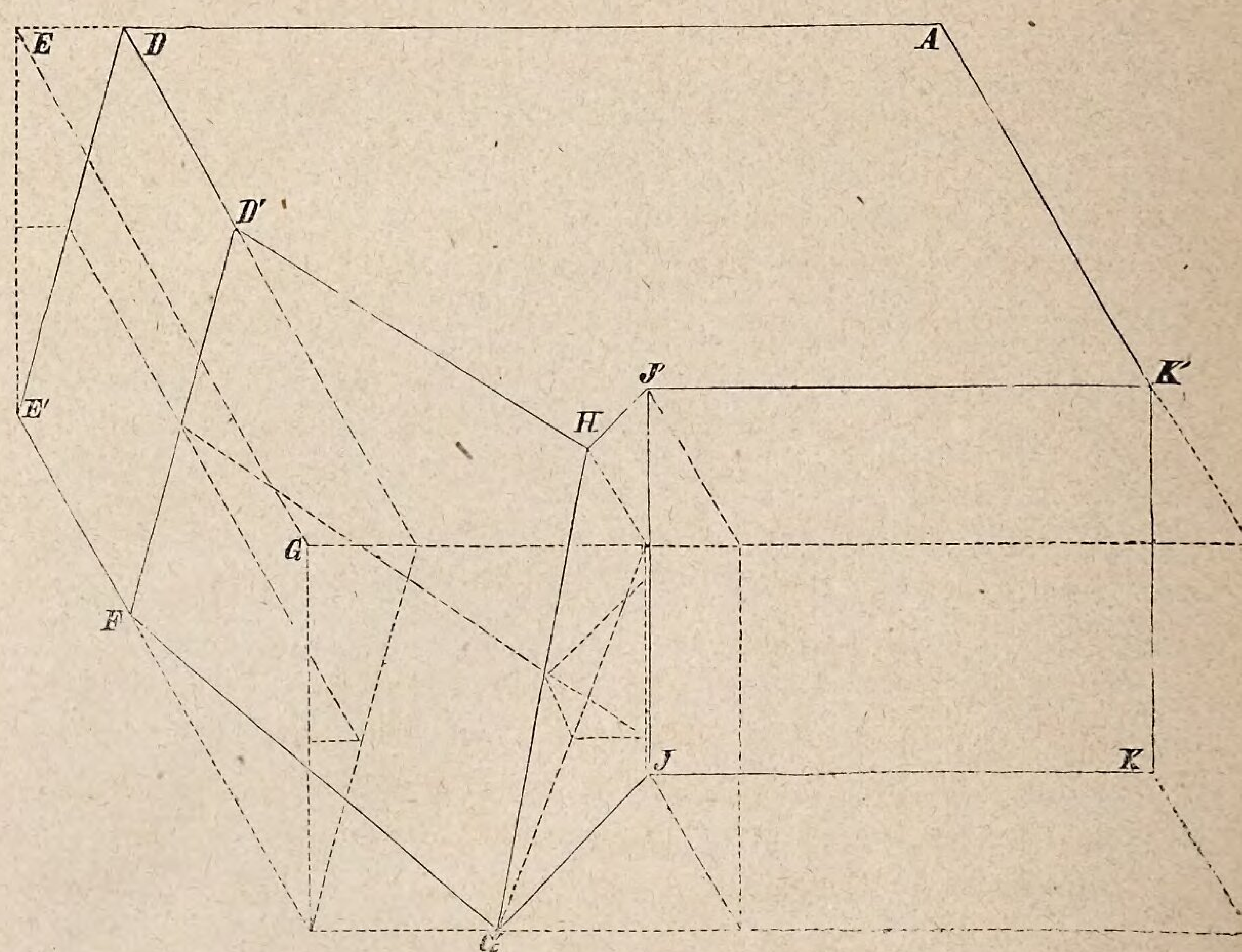
Fig. 103

der zweiten Schichte, an der betreffenden Stelle. Dasselbe Verfahren wird bei jeder Schichte und an jeder Stelle innerhalb der windschiefen Böschungsfläche eingehalten.

Es muß bemerkt werden, daß die rechtwinkelig auf die mittleren horizontalen Leitlinien gezogenen Stoßfugen nicht durch die ganze Mauerstärke durchgeführt werden dürfen, wenn man nicht an der senkrechten Mauerfläche spitzwinkelige Stoßfugen erhalten will. Es werden die auf die windschiefe Böschung bezüglichen Stoßfugen nur so weit über die obere Kante der Böschung eines Steines hinaus gezogen, daß die Breite HJ etwa gleich ist der halben Steinhöhe, und von J aus wird die Stoßfuge gebrochen und nach K winkelrecht gegen die senkrechte Fläche der Mauer, das heißt senkrecht gegen die gerade Linie AA′ im Grundrisse Fig. 103 geführt. Beide Theile der gebrochenen Stoßfugen stehen senkrecht auf der Lagerfläche.

Bei dem Heraustragen und Bearbeiten irgend eines in die windschiefe Böschung treffenden Steines, hier des in Fig. 104 dargestellten

Fig. 104.



Steines der zweiten Schichte, welcher im Grundrisse Fig. 103 durch das Vieleck AEFGJK nach seiner Grundform gegeben ist, wird wie folgt

verfahren. Man nimmt nach dem Grundrisse Fig. 103 die Lagerschablone, welche dem Vieleck AEFGJK vollkommen gleich ist, auf, bringt diese auf das eben bearbeitete untere Lager und zeichnet darauf die Form der Schablone scharf vor; nach dieser Vorzeichnung werden nun alle Seiten des Steines winkelrecht auf dieses Lager, mit Ausnahme der Seite, welche windschief wird; sodann wird das obere Lager parallel mit dem unteren bearbeitet und so ein Stein dargestellt, welchem zur Vollendung nur noch die Böschungsflächen fehlen.

Um die windschiefe Fläche GFHD′ und den ebenen Theil der Böschung EFDD′ zu verzeichnen und hiernach zu bearbeiten, wendet man zwei Kopfschablonen an, die eine, welche die Neigung der ebenen Fläche, und die andere, um auf den Kopf GJKJ des Steines Fig. 104 gelegt zu werden, welche die gekrümmte Kante GH der windschiefen Seite gibt. Um die Kopfschablone JGoHJ Fig. 104 herauszutragen, errichtet man im Grundrisse Fig. 103 an den Punkten oH und J die Graden Oo, Hh und Ji senkrecht auf die Horizontalprojection GJ der Fuge, auf welche diese Schablone gelegt werden soll; die Senkrechten Ji und Hh macht man gleich der ganzen Höhe und die Senkrechte Oo gleich der halben Höhe des Steins und zieht von i nach h die gerade und durch die Punkte h, o und G die krumme Linie hoG.

Ist der Stein auf den Stoßfugen vermittelst der Kopfschablonen vorgezeichnet, so zieht man auf das obere Lager die Grade DD′ winkelrecht auf die Kante AE, bearbeitet die obere Böschungsseite und zieht dann auf derselben die Grade D′F parallel mit DE; durch die Punkte D′H zieht man die Grade HD′ und bearbeitet die windschiefe Seite, indem man darauf sorgfältig achtet, daß das Richtscheit zugleich auf den beiden Kanten FD′ und GoH so hingleitet, daß, indem das Richtscheit auf die Grade GF zu liegen kommt, dasselbe die Kanten FD′ und GoH so durchlaufe, daß es zugleich an dem Punkte H, wie an dem Punkte D′ ankommt.

Das angeführte Beispiel einer windschiefen Mauer wird für den aufmerksamen Leser genügen, von abweichenden Beispielen die Musterrisse anzufertigen und für die Bearbeitung der Steine die erforderlichen Lager- und Kopfschablonen herauszutragen. Kommen Fälle vor, wo mehrere Mauern von verschiedenen Böschungen, die man durch windschiefe Ebenen in Vereinigung zu bringen hat, den Boden nicht an einer und derselben geraden, sondern an mehreren gebrochenen Linien treffen, so hat man für jede Mauer von verschiedener Böschung einen Musterriß,

welcher den senkrechten Durchschnitt der betreffenden Mauer darstellt, anzufertigen; im Uebrigen aber ganz so zu verfahren, wie in dem angeführten Beispiele angegeben ist.

D. Gerade cylindrische Mauern. Man versteht unter geraden cylindrischen Mauern solche, deren Umfänge aus Kreisbogen, Korbbogen oder Ellipsen bestehen und deren Außenflächen nach den entsprechenden Umfängen von der Grundfläche senkrecht aufgeführt sind.

Da zwei krumme Linien, welche überall gleichweit von einander abstehen, parallele krumme Linien genannt werden, und wir unter concentrischen krummen Linien diejenigen verstehen, welche denselben Mittelpunkt haben, so können hiernach zwei Kreisumfänge nicht concentrisch sein, ohne dabei parallel zu sein, und umgekehrt können sie nicht parallel sein, ohne concentrisch zu sein.

Zwei elliptische Umfänge sind nie parallel, sie können aber concentrisch sein. Da in der Regel elliptische Mauern von gleicher Stärke aufgeführt werden, so sind die Ellipsen der Umfänge, da die zwei Achsen der einen der beiden Ellipsen die gegenseitigen Achsen der anderen um dieselbe Größe übertreffen, halbähnlich.

Nehmen wir gerade cylindrische Mauern an, so sind die Kreisumfänge entweder nach Fig. 105 concentrisch, oder sie sind nach Fig. 106 nicht concentrisch. Bei cylindrischen Mauern von gleicher Stärke, welche einen ganzen Kreis zum Umfang haben, werden die beiden Kreisumfänge concentrisch sein müssen, und es werden die Umfänge cylindrischer Mauern nur alsdann nicht concentrisch sein können, wenn sie aus einem Halbkreis oder aus einem Segmente bestehen.

Fig. 105 stellt den Grundriß einer geraden Mauer mit zwei concentrischen Kreisumfängen zur Hälfte dar. Bei dieser Mauer werden die Stoßfugen, welche nach dem gemeinsamen Mittelpunkte gezogen werden, gleichförmig sein, weil an jeder Stelle die Normallinien an einer krummen Linie auch normal an der anderen sind. Es wird sonach für die sämmtlichen Steine einer Schichte nur eine Kopfschablone anzufertigen sein, und haben alle Schichten einer Mauer eine gleiche Höhe, so gilt die eine Kopfschablone für alle Steine dieser Mauer.

Um die Steine auf dem Lager vorzuzeichnen, braucht man nur eine Lagerschablone ABCD von einer solchen Länge AB anzufertigen, daß sie der größten Steinlänge in der entsprechenden Schichte gleichkommt, und auf dieser dann die normalen Stoßfugen der Steine von verschiedener Länge aufzureißen, und darnach beim Auflegen der größeren

Schablone auf das Lager der kleineren Steine, die entsprechenden Stoßfugen von den scharf zu markirenden Schnittpunkten an dem äußeren und inneren Umfang der Schablone, aufzeichnen zu können.

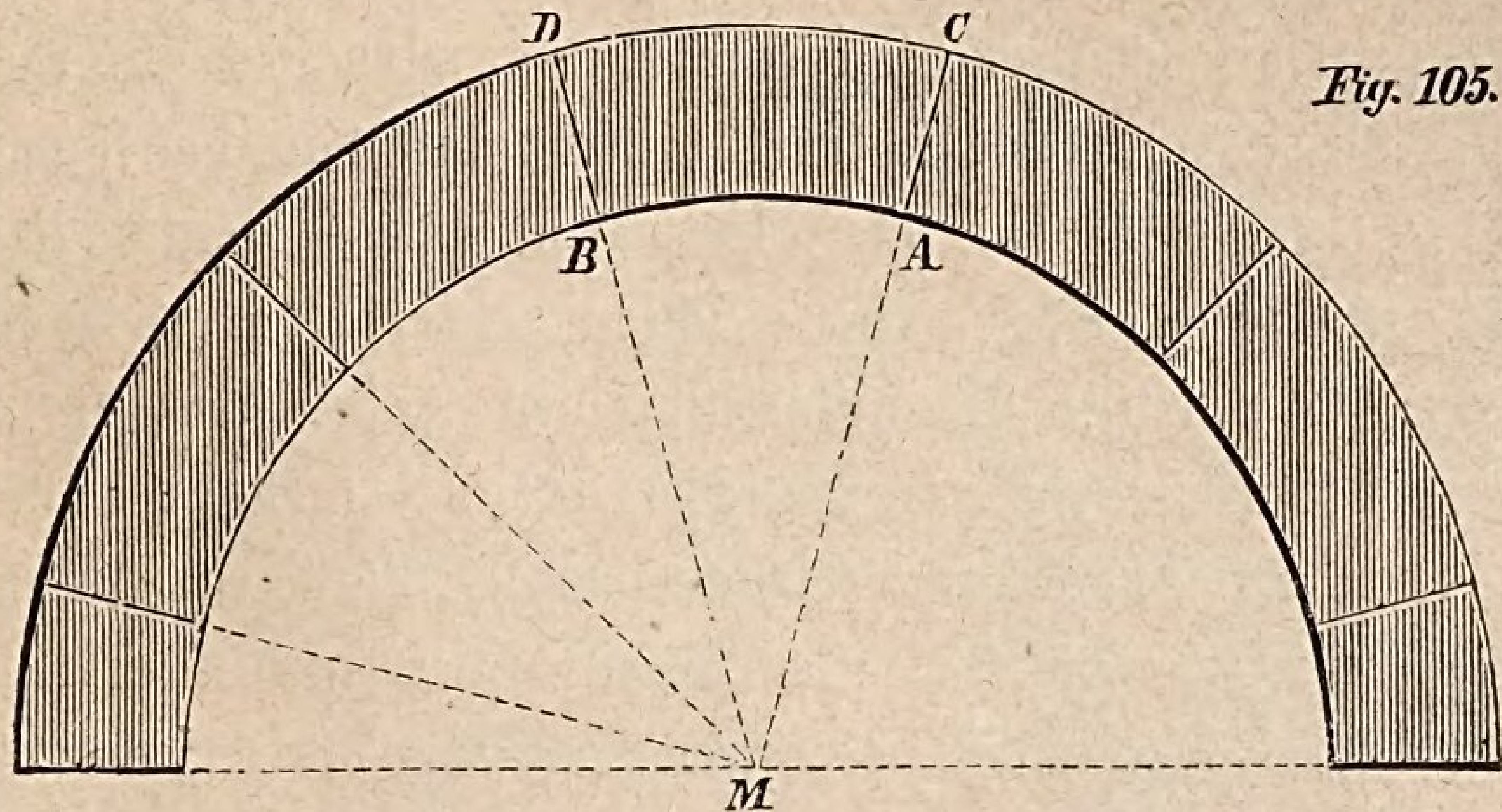


Fig. 105.

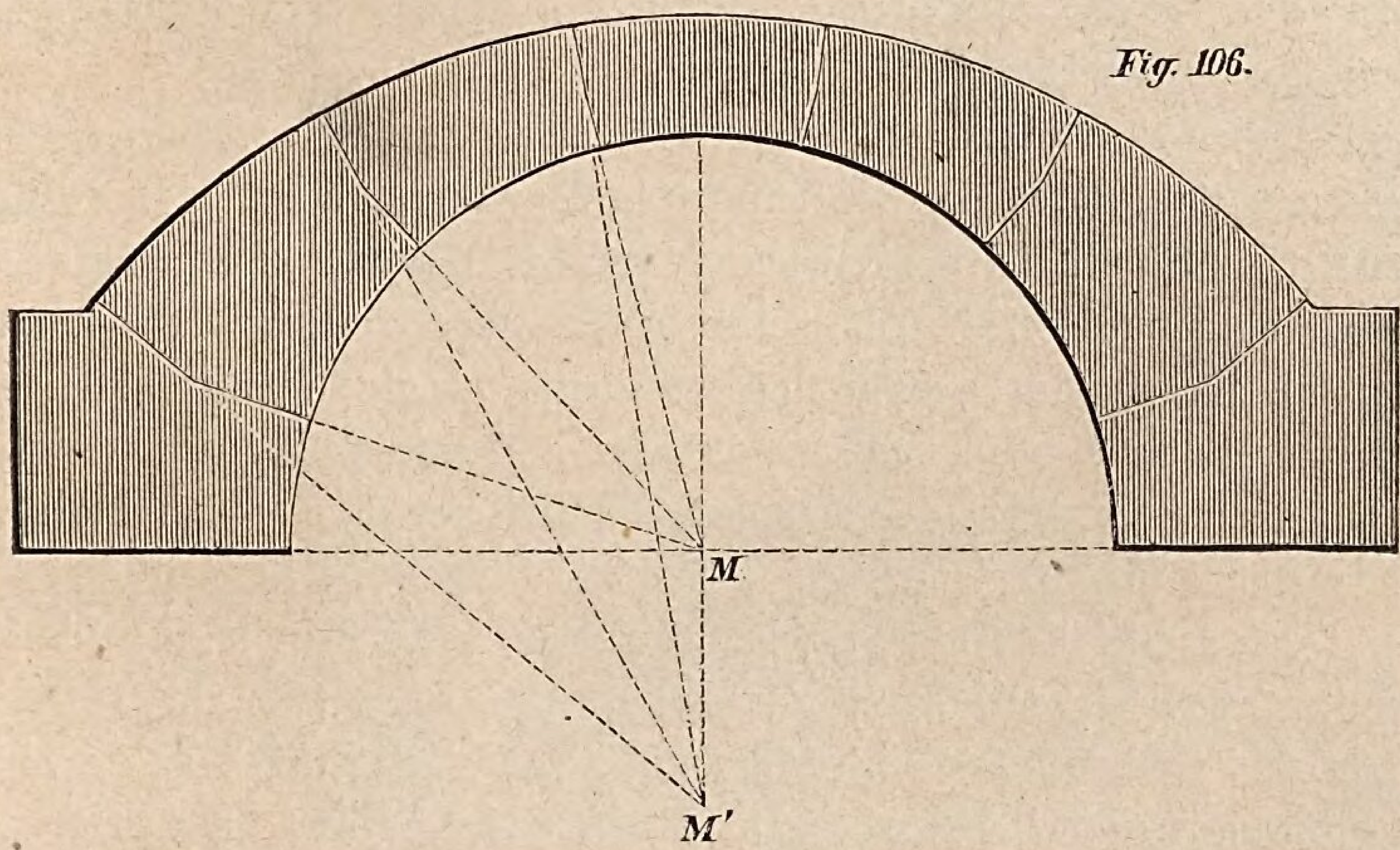


Fig. 106.

Kommen Steine von verschiedener Länge und für verschiedene Längen in größerer Anzahl vor, so trägt man für jede Steinlänge besondere Lagerschablonen heraus.

In Fig. 106 geben wir den Grundriß einer geraden cylindrischen Mauer, deren Kreisumfänge aus zwei verschiedenen Mittelpunkten beschrieben, demnach nicht concentrisch sind. Wollte man in diesem Falle die Stoßfugen in gerader Richtung normal auf den inneren Kreisumfang durchführen, so würden an dem äußeren Kreisumfange spitze Winkel entstehen, und umgekehrt würden an dem inneren Kreisumfange spitze Winkel entstehen, wenn man die Stoßfugen normal auf den äußeren Kreisumfang in gerader Richtung durchführen wollte. Diesem Uebelstande wird

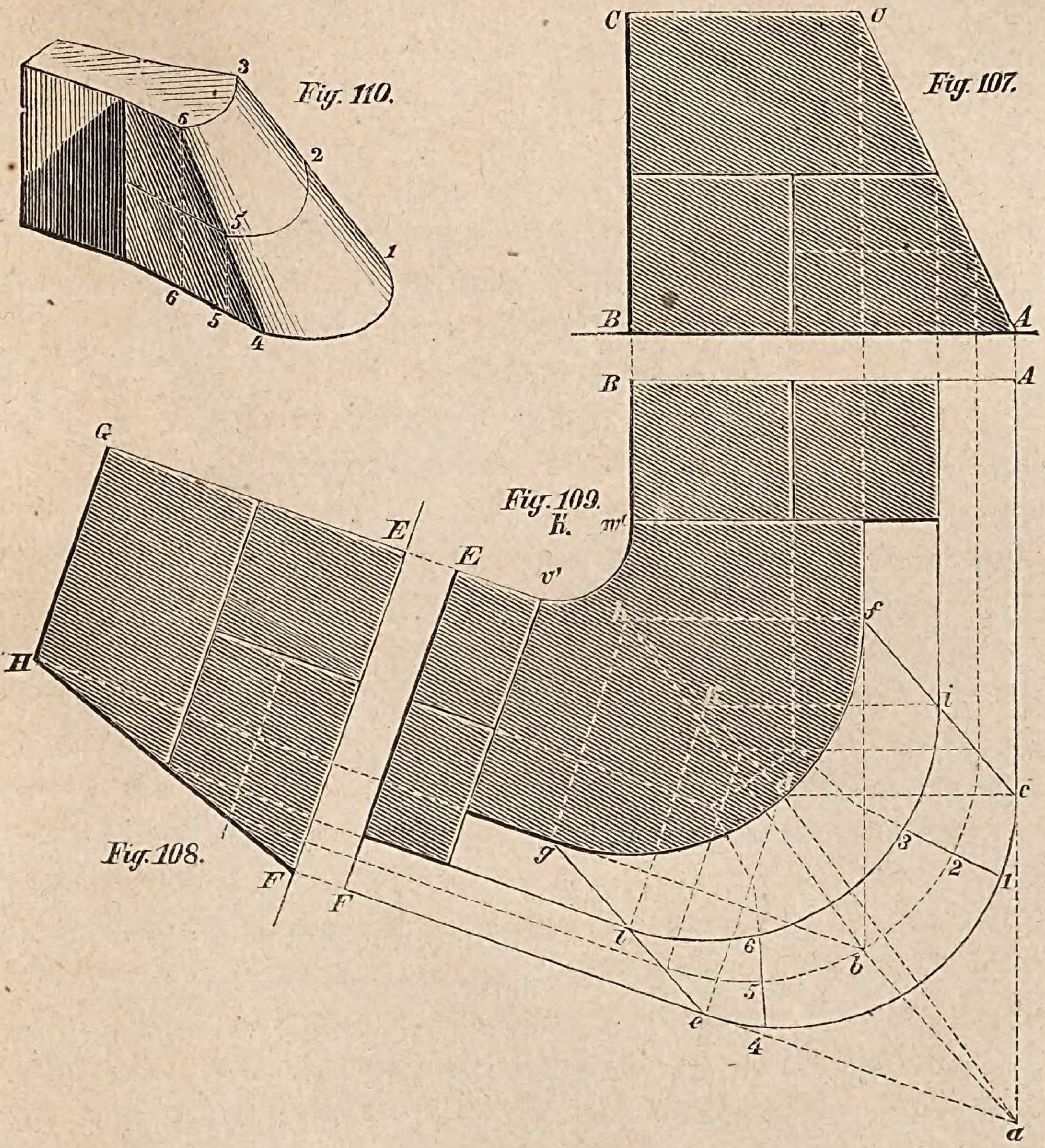
nur dadurch begegnet, daß man, wie aus Fig. 106 ersehen werden kann, die Stoßfugen in gebrochenen Linien anordnet, so zwar, daß man jede Stoßfuge auf die eine Hälfte der Mauerstärke normal gegen den inneren, und auf die andere Hälfte der Mauerstärke normal gegen den äußeren Kreisumfang zieht. Durch diese Anordnung wird der Anforderung, daß alle Steine unter sich rechte Winkel bilden, auf das vollkommenste entsprochen; es tritt aber für die Bearbeitung der Steine die Nothwendigkeit ein, für jeden Stein einer Schichte eine besondere Lagerschablone anzufertigen. Kann zur Verminderung der großen Anzahl von Lagerschablonen der Verband so angeordnet werden, daß eine regelmäßige Verwechselung der Stoßfugen von Schichte zu Schichte stattfindet, so hat man nur die Lagerschablonen aller Steine der beiden ersten Schichten zu machen. Die Schablonen der ersten Schichte sind dann für die dritte, fünfte 2c., und die Schablonen der zweiten Schichte sind für die vierte, sechste 2c. anwendbar.

Sind die Richtungslinien der Oberflächen senkrechter Mauern Ellipsen und ihre Parallelen, so können die Stoßfugen, wie bei der Mauer mit concentrischen Kreisumfängen in gerader Richtung durchgeführt werden, weil auch hier die Normallinien an einer krummeu Linie normal an der anderen sind. Elliptische Mauern, deren Richtungslinien der Umfänge zwei ähnliche concentrische oder nur halbähnliche Ellipsen sind, müssen mit gebrochenen Stoßfugen, ähnlich wie bei der cylindrischen Mauer mit nicht concentrischen Kreisumfängen angeordnet werden.

E. Schiefe cylindrische Mauern. Als Beispiel einer schiefen cylindrischen Mauer nehmen wir in den Fig. 107, 108 und 109 den Fall an, daß zwei Böschungsmauern so zusammentreffen, daß sie einen beliebigen Winkel bilden. Die Böschungsseiten sind auswärts und haben verschiedene Neigungen. Es sollen nun die beiden Böschungsseiten durch eine schiefe cylindrische Oberfläche in Verbindung gebracht werden, wenn die an der Grundfläche liegende Richtungslinie zugleich ein tangenter Kreisbogen an den unteren Begrenzungslinien der Böschungsseiten ist.

Die Fig. 107 stellt in ABCD den senkrechten Durchschnitt der eiuen Böschungsmauer und die Fig. 108 in EFGH den senkrechten Durchschnitt der anderen Böschungsmauer dar, deren Grundlinien in Fig. 109 durch Aa und aF, sowie die entsprechenden oberen Kanten durch Cb und bH im Grundrisse gegeben sind. Hiernach würden die Böschungsseiten dieser Mauern die scharfe Kante ab bilden. Sollen nun die Böschungsseiten durch eine Cylinderfläche in Verbindung ge-

bracht werden, so hat man die gleicheu Winkel AaF, CbH in zwei gleiche Theile durch die Graden ad und bh zu theilen, welche parallel sind; auf der Graden ad nimmt man den Punkt d so an, daß die von demselben auf die Graden aA und AF gezogenen Senkrechten dc und de gleich sind dem Halbmesser der Grundfläche des schiefen Cylinders, dessen Oberfläche die Vereinigung der beiden Böschungsmauern bilden soll. Nun macht man die Grade bh gleich ad und fällt von h die Senkrechten hf und hg gegen die Graden Cb und bH; verbindet man die



Punkte f und c, sowie g und e durch gerade Linien, so sind dieß die Horizontalprojectionen der erzeugenden Tangentenlinien der Böschungsseiten mit der cylindrischen Fläche. Diese zwei Graden cf und eg sind unter sich und mit der durch die Mittelpunkte d und h gezogenen Graden, welche die Horizontalprojection der Achse der cylindrischen Fläche

ist, parallel. Um die Horizontalprojectionen der Kanten von den Schichten zu bekommen, zieht man nach den Durchschnitten Fig. 107 u. 108 von den Punkten J und L die Fugen an den Böschungsseiten, bis diese in i und l Fig. 109 die Tangentenlinien ef und eg treffen. Die von i parallel mit fh und von l parallel mit gh gezogenen Senkrechten werden die Achse dh in k schneiden, so daß k der Mittelpunkt des Kreisbogens ist, welcher die Kante der Schichte in der cylindrischen Fläche bildet. Die inneren senkrechten Seiten der Mauern werden durch eine gerade cylindrische Fläche vereinigt, deren Grundriß in dem, aus dem Mittelpunkt h′ beschriebenen Kreisbogen vw dargestellt ist.

Bei der Richtung der Stoßfugen, welche an der schiefen cylindrischen Fläche vorkommen, verfährt man, zur möglichsten Beseitigung von spitzen Winkeln, auf ähnliche Weise, wie bei den windschiefen Mauern; es werden nämlich die Stoßfugen an den betreffenden Stellen normal gegen eine zwischen der oberen und unteren Kante angenommene mittlere Durchschnittslinie, dabei aber senkrecht auf das Lager geführt, wie dieß in Fig. 109 angegeben ist, wo die mit 1, 2, 3 und 4, 5, 6 bezeichneten geraden Linien die Stoßfugen eines Steines der ersten Schichte darstellen, welcher mit seinem Haupte in die schiefe cylindrische Fläche fällt.

Da diese Anordnung nur auf den Fugenschnitt an der schiefen cylindrischen Fläche Bezug hat, so werden die Stoßfugen von dieser Fläche nicht in gerader Richtung durch die ganze Mauerstärke, sondern nur 3 bis 4 Zoll über die obere Steinkante, und von da gebrochen in normaler Richtung gegen die innere gerade Cylinderfläche geführt, wie dieß an dem in Fig. 110 perspectivisch dargestellten Steine der unteren Schichte ersehen werden kann. Die mit 1, 2, 3 und 4, 5, 6 bezeichneten Schnittlinien der Stoßfugen, welche im Grundrisse Fig 109 gerade Linien darstellen, sind als schräge Schnittlinien des Cylinders krumme Linien, und es muß dieß bei dem Heraustragen der Kopfschablonen berücksichtigt werden. Wie diese krummen Linien herausgetragen werden, ist in Fig. 109 an der Fugenschnittlinie, welche mit 4, 5, 6 bezeichnet ist, angegeben, und ebenso an dem Steine Fig. 110, so daß wir eine weitere Beschreibung des Verfahrens für diejenigen Leser, welche mit Aufmerksamkeit uns bis hierher gefolgt sind, als überflüssig erachten.

Bei der Bearbeitung der cylindrischen Seiten der Steine muß das Richtscheit nach der Richtung der erzeugenden Linien des Cylinders angelegt werden, sonach parallel mit der Tangentenlinie ef oder eg Fig. 109 der Böschungsseiten mit der cylindrischen Fläche. Es müssen deßhalb

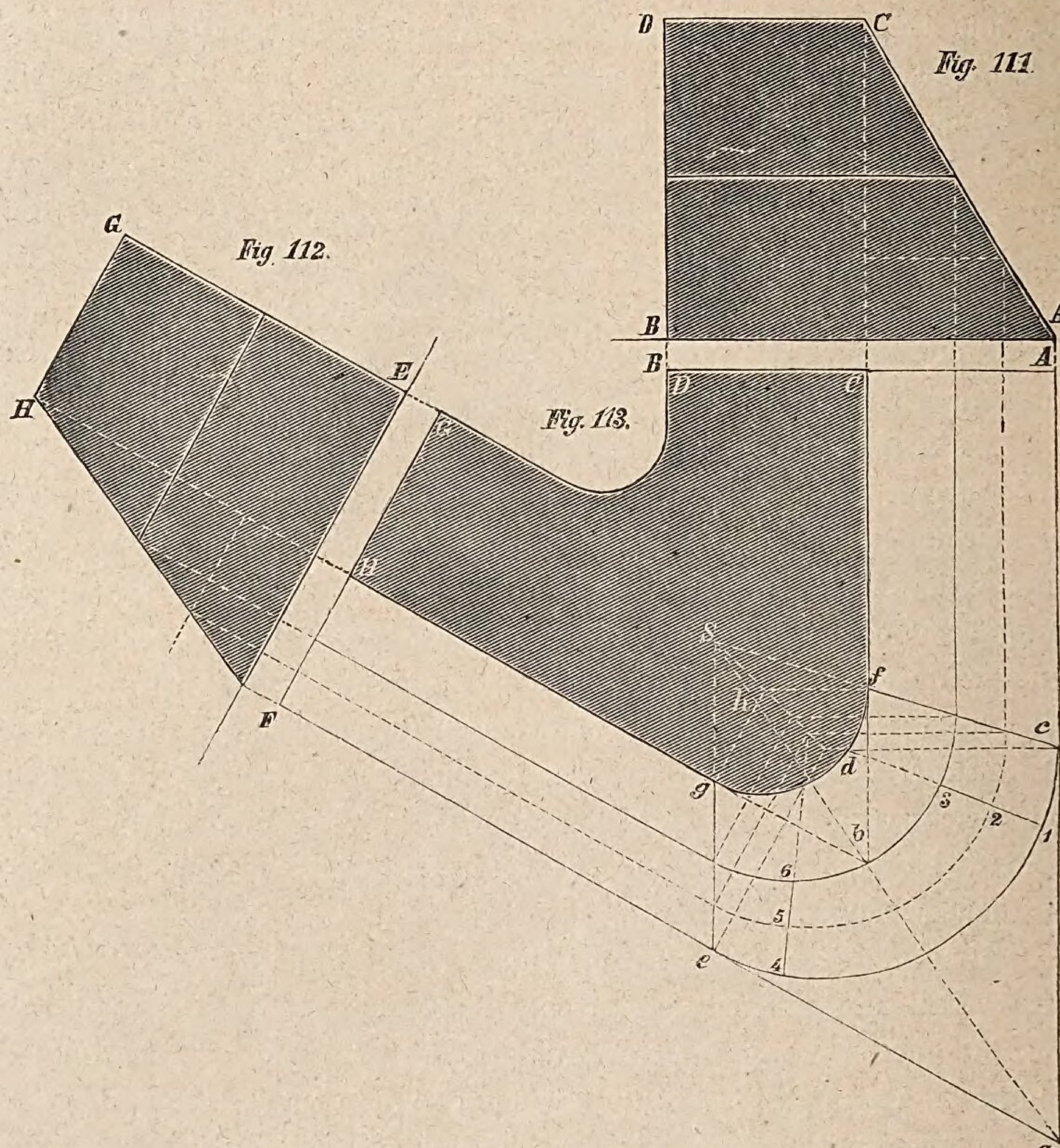
an der vorgeschriebenen oberen und unteren Kante des zu bearbeitenden Steines, einzelne Punkte als Merkzeichen aus dem Grundrisse der Mauer entnommen, angegeben werden, um nach diesen das Richtscheit in verschiedenen Lagen über die zu bearbeitende Cylinderfläche anlegen zu können.

In dem besprochenen Beispiele einer schiefen cylindrischen Mauer, haben wir die Böschungsseiten der beiden Mauern nach außen gerichtet angenommen, so daß die verbindende cylindrische Oberfläche rund erhaben ist; sind dagegen die Böschungsseiten nach innen gerichtet, so wird die verbindende cylindrtsche Oberfläche der Mauer hohlrund. Da nun aber die Construction solcher Mauern mit hohlrunden cylindrischen Flächen, sowohl in Bezug auf die Bestimmung der Kanten einzelner Schichten, als auch in Bezug auf die Anordnung der Stoßfugen für die einzelnen Steine, im Wesentlichen mit der beschriebenen Construction von Mauern mit runderhabenen cylindrischen Flächen übereinstimmt, so glauben wir die Anführung eines Beispiels von einer schiefen Mauer mit hohlrunden cylindrischen Flächen füglich umgehen zu können.

F. Kegelförmige Mauern. Die in den Fig. 111, 112 und 113 dargestellten Projectionen zweier Böschungsmauern, welche ähnlich, wie die in den Fig. 107, 108 und 109 dargestellten zusammentreffen, unterscheiden sich von den letztgenannten nur dadurch, daß die Vereinigung der Böschungsflächen durch eine kegelförmige Fläche, statt durch eine schiefe cylindrische, gebildet wird. Eine kegelförmige Fläche entsteht bei der Vereinigung von Böschungsflächen in all den Fällen, wo der Durchmesser des Kreisbogens, welchen die obere Kante der Mauer an der Vereinigung bildet, kleiner ist, als der Durchmesser des Kreisbogens, welchen die untere Kante der Mauer derselben Vereinigung an der Grundfläche bildet.

Um das Verhältniß, welches unter den Halbmessern der zwischen der oberen und unteren Mauerkante vorkommenden Schichten bestehen soll, zu finden, damit die kegelförmige Fläche sich mit den Böschungsflächen so vereinigt, daß diese Böschungsebenen an der kegelförmigen Fläche tangent sind, theilt man, wie bei der Cylindermauer, die Winkel AaF und Cb'H durch die Graden ad und bh in zwei gleiche Theile; hierauf nimmt man auf diesen geraden Linien die Punkte d und h so an, daß die von d nach Ac senkrecht gezogene Linie cd gleich ist dem Halbmesser, welchen der Kreisbogen an der Grundfläche erhalten soll, und die von h nach Cf senkrecht gezogene Linie hf gleich ist dem Halbmesser des Bogens an der oberen Kante der Mauer. Die von d senk-

recht nach eF gezogene Linie de wird gleich der Linie cd, und die von K senkrecht nach gH gezogene Linie hg wird ebenso gleich fg sein. Die von c nach f, sowie von e nach g gezogenen geraden Linien, welche die Tangentenlinien der Böschungsflächen und der kegelförmigen rund erhabenen Fläche darstellen, schneiden sich, nach oben verlängert, in dem Punkte S, welcher die Spitze des Kegels ist. Eine durch die Mittelpunkte d und k der Kreisbogen der unteren und oberen Mauerkante



gezogene gerade Linie dh wird, nach oben verlängert, die Tangentenlinien ebenfalls in dem Punkte S schneiden, so daß diese Linie die Achse des Kegels darstellt, in welcher die Mittelpunkte aller Kreisbogen gelegen sind, welche die Kanten der einzelnen Schichten darstellen sollen. Bei runderhabenen Kegelflächen werden, wie in dem angeführten Beispiele, die Halbmesser nach oben abnehmen, wogegen bei hohlrunden

Kegelflächen — wie sie bei Mauern vorkommen deren Böschungen nach innen gerichtet sind — sie von der Grundfläche aus nach oben zunehmen, so daß die Spitze des Kegels unterhalb der Grundfläche gelegen ist.

Die in den Fig. 111, 112, 113 gegebenen Musterrisse lassen den Unterschied der kegelförmigen Mauer von der schiefen cylindrischen genügend erkennen, und das um so mehr, weil wir dieselben Buchstaben, wie in den Fig. 107, 108 und 109, auf deren Beschreibung wir verweisen, beibehalten haben.

Treffen Böschungsmauern unter irgend einem Winkel zusammen, welche gleiche Böschungen haben, so wird die Achse der kegelförmigen Vereinigung dieser Böschungen senkrecht, und es fallen dann in der Horizontalprojection alle Mittelpunkte der Kreisbogen, welche die Kanten der Schichten vorstellen, mit der Projection der Kegelspitze S in einem einzigen Punkte zusammen, so daß der Kegel ein gerader wird.

Fünfter Abschnitt.

Von den Mauerbogen.

Kommen in einer Mauer Durchbrechungen vor, zu deren Ueberdeckung ein einzelner horizontal über die Maueröffnung gelegter Stein entweder nicht vorhanden ist, oder die nöthige Stärke nicht hat, um die über der Durchbrechung fortgesetzte Mauer oder eine andere Belastung zu tragen, so tritt die Nothwendigkeit ein, die Ueberdeckung der Mauerdurchbrechung aus mehreren Steinen bestehen zu lassen, welche eine solche Lage gegeneinander haben, daß die darauf wirkende Belastung auf die Mauern, welche die Durchbrechung seitlich abschließen, übertragen wird. Man begreift derartige Constructionen, welche zur Ueberdeckung von Mauerdurchbrechungen dienen, unter dem Namen der Mauerbogen, zur Unterscheidung ähnlicher Constructionen, welche die Decke eines Raumes bilden und Gewölbe genannt werden.

Da die Mauerbogen einen Bestandtheil der Mauern ausmachen, so müssen die Bogensteine mit den Mauersteinen der horizontalen Schichten entweder durch gebrochene Lagerflächen in Verbindung gebracht, oder bei ihrem Anschluß an die Mauersteine so geschnitten werden, daß keine spitzen Winkel entstehen. Die Außenseite der Mauerbogen nach unten,

welche Leibung des Bogens genannt wird, kann eine ebene oder eine hohlrunde cylindrische Fläche sein; die erzeugenden Linien dieser Flächen werden aber immer horizontal angenommen. Die Richtungslinie der Bogenfläche kann irgend eine regelmäßige krumme Linie sein und stellt den senkrechten Durchschnitt derselben dar.

Ist diese Richtungs- oder Bogenlinie der Halbkreis, so wird der Bogen ein voller Bogen genannt; ist die Bogenlinie eine halbe Ellipse oder eine gedrückte Bogenlinie deren große Achse horizontal ist, oder ein Kreisbogen, welcher kleiner ist als der Halbkreis, so heißt der Bogen ein gedrückter Bogen, und ein überhöhter Bogen, wenn die senkrechte Achse der Bogenlinie größer ist als die Hälfte der horizontalen Achse.

Die Lagerflächen der keilförmigen Wölbsteine müssen ebene Flächen und normal auf die Leibung des Bogens gerichtet sein, mit Ausnahme der scheitrechten Bogen, welchen wir später unsere Aufmerksamkeit zuwenden werden. Ist der Bogen ein Halbkreis oder ein Segment, so werden die senkrecht auf der Cylinderfläche stehenden ebenen Lagerflächen der Wölbsteine, gehörig verlängert die Achsenlinie des Bogens schneiden.

Wir werden bei unserer Betrachtung der nach krummen Linien gewölbten Mauerbogen die üblichste Wölblinie, den Halbkreis, annehmen, und überlassen es dem Scharfsinne der Leser, die gegebenen Beispiele auf Mauerbogen, welche nach anderen Bogenlinien gewölbt werden, nach den gegebenen Umständen verändert in Anwendung zu bringen.

Der einfachste Mauerbogen entsteht bei der Durchbrechung gerader Mauern von einer gleichen Stärke. Die Fig. 114 stellt einen solchen Mauerbogen in der Ansicht und Fig. 115 denselben Mauerbogen im senkrechten Durchschnitt, welcher durch die Mitte des Schlußsteins geführt ist, dar. Der Bogen besteht aus sieben Wölbsteinen von gleicher Breite an der Bogenleibung, und die Schichten der Mauer, an welche sich drei Wölbsteine zu jeder Seite des Schlußsteines, mit senkrechten Stoßfugen anschließen, haben eine gleiche Höhe. Die Projectionen der Lagerflächen, welche senkrecht auf der Cylinderfläche stehen, stellen sich in Fig. 114 als gerade Linien dar, welche verlängert, in dem Mittelpunkte V. des Kreisbogens schneiden. In der Seitenansicht Fig. 115 erscheinen die Schnittlinien oder Kanten der Lagerflächen als gerade Linien, welche unter sich und mit der Grundlinie parallel sind. Die Lagerflächen der Wölbsteine zu beiden Seiten des Schlußsteins sind nur soweit senkrecht auf die Bogenleibung geführt, bis sie die horizontale

Lagerfläche der in ihrer Richtung befindlichen Mauerschichte schneiden. Von diesen Schnittpunkten an sind die Lagerflächen gebrochen, und in die Mauerschichte eingreifend, horizontal geführt. Durch diese Anordnung, bei welcher darauf Rücksicht genommen wird, daß die in die horizontalen Mauerschichten übergreifenden Theile der Wölbsteine, welche Haken genannt werden, einer zweckmäßigen Verwechselung der Stoßfugen in dem Verbande der Mauerschichten nicht hinderlich sind, wird einerseits den Uebelständen begegnet, welche die spitzen Winkel bei dem Steinschnitt

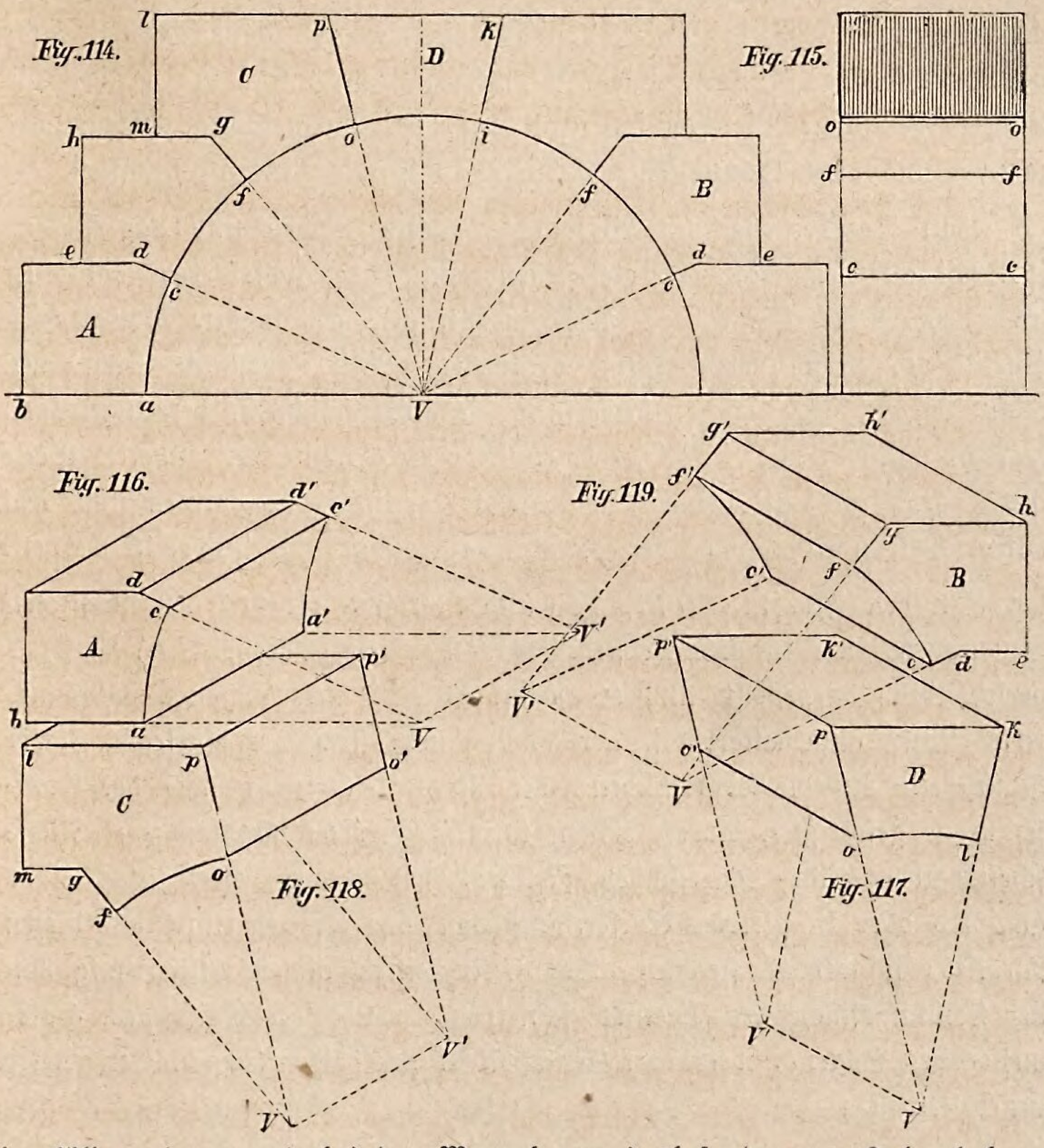


Fig. 114. Fig. 115. Fig. 116. Fig. 117. Fig. 118. Fig. 119.

im Allgemeinen, und bei den Mauerbogen insbesondere zur Folge haben, und andererseits wird durch die senkrechte Belastung der im Hakenverbande in die Mauerschichten eingreifenden Wölbsteine, der Horizontalschub, welchen diese Steine auf ihre Widerlager äußern würden, wenn sie nicht mit theilweise horizontalen Lagern in die Mauerschichte verbun-

den wären, aufgehoben. Aus dem zuletzt angeführten Grunde wird die Tragfähigkeit des Mauerbogens dadurch nicht beeinträchtigt, daß die Breite der Lagerflächen, welche senkrecht auf die Bogenleibung gerichtet sind, vom Schlußsteine abwärts geringer wird.

Der angeführte Hakenverband der Wölbsteine, und die durch gleichhohe Mauerschichten bedingte Abnahme der Breite von den normalen Lagerflächen der an der Bogenleibung gleich starken Wölbsteine, sind wesentliche Unterscheidungsmerkmale der Mauerbogen von den Gewölben, bei welchen eine Verbindung der Wölbsteine mit Mauerschichten nicht ohne nachtheilige Folgen angebracht werden kann, und bei welchen die Lagerflächen ohne Biegung senkrecht auf die Bogenleibung durchgeführt werden und vom Schlußsteine abwärts an Breite zunehmen müssen.

Zur Bearbeitung der Wölbsteiue, dereu Stoß- und Lagerflächen senkrecht auf dem Mauerhaupte stehen, sind nur soviel Kopfschablonen nach dem Musterrisse Fig. 114 herauszutragen, als in dem Mauerbogen Steine von verschiedener Form vorkommen. Wir haben die Steine des Mauerbogens, zu deren Bearbeitung die Kopfschablonen herausgetragen werden müssen, mit A,B,C,D bezeichnet; die Steine der anderen Seite des Bogens sind mit den Steinen A,B,C identisch und können nach den entsprechenden Schablonen der ersteren vorgezeichnet und bearbeitet werden.

In den Fig. 116, 117, 118 und 119 sind die mit den nämlichen Buchstaben, wie in dem Musterrisse bezeichneten Wölbsteine A, B, C, D perspectivisch dargestellt, und es ist bei diesen Darstellungen durch punktirte Linien angedeutet, wie der Steinhauer durch das Auflegen zweier Richtscheite auf die Lagerflächen, die Richtigkeit seiner nach der Kopfschablone gefertigten Arbeit prüfen kann. Werden nämlich zwei Richtscheite über beide Lagerflächen geführt, sei es an den Kanten eines Hauptes oder in gleicher Entfernung von den Kanten und mit diesen parallel, so werden sie nur alsdann in einer solchen Entfernung von der Leibungsfläche des Steines schneiden, welche gleich ist dem Halbmesser des Bogens, wenn der Centriwinkel der beiden Lagerflächen richtig bearbeitet ist.

Wir ergreifen die Gelegenheit, auf die für technische Zeichnungen besonders geeignete Methode, nach welcher die Wölbsteine perspectivisch dargestellt sind, besonders aufmerksam zu machen. Die Regeln dieser Zeichnenmethode, welche man Cavalierperspective nennt, sind sehr einfach und in Kürze folgende:

1) Sind Linien und Flächen eines darzustellenden Gegenstandes parallel mit der Verticalebene, so werden sie vollkommen identisch mit den Verticalprojectionen, also nach unmittelbarem Abgreifen ihrer wahren Dimensionen vorgezeichnet.

2) Sämmtliche Linien, welche senkrecht zur Verticalebene gerichtet sind, also rechte Winkel bilden gegen die, mit der Verticalebene parallelen Linien oder Flächen, werden untereinander parallel gezogen, wobei die Richtung beliebig ist, und so angenommen werden kann, wie es das deutliche Hervorheben einzelner Flächen wünschenswerth erscheinen läßt. Auf diese Linien werden die wirklichen Abmessungen nach der Breite, wie sie aus den Projectionen des darzustellenden Gegenstandes unmittelbar entnommen werden können, aufgetragen.

3) Gerade Linien, welche nicht senkrecht gegen die Projectionsebene gerichtet sind, werden als Hypothenusen eines rechtwinkeligen Dreiecks so vorgezeichnet, daß man die senkrechten Entfernungen ihrer Endpunkte von der Projection abnimmt und als Katheden desselben Dreiecks an die parallelen Linien, welche Senkrechte darstellen, anträgt.

4) Krumme Linien werden so verzeichnet, daß man dieselben durch senkrecht gegen die Verticalebene gerichtete gerade Linien schneidet und sodann die Entfernung der Schnittpunkte an die, untereinander parallelen geraden Linien, welche Senkrechte darstellen, anträgt.

Als Beispiele der Darstellung nach der Methode der Cavalierperspective nehmen wir an, daß ein Würfel, eine achtseitige Pyramide und ein Cylinder verzeichnet werden sollen, deren Projectionen in den Figuren 120 bis 125 gegeben sind.

Die mit der Projectionsebene parallele vordere Seite des Würfels Fig. 126 wird nach der Verticalprojection Fig. 120 gezeichnet; sodann wird von dem Fußpunkte b der senkrechten Kante bb′, unter beliebigem Winkel v die gerade Linie bd gezogen und mit dieser parallel die Linien b′d′a′c′. Trägt man nun an diese parallelen Linien die, aus der Horizontalprojection zu entnehmenden Kanten ac und bd an, verbindet o′d′ und dd′ durch gerade Linien, so werden diese Linien parallel mit den gegenüberliegenden sein und die Kanten des Würfels darstellen, dessen Dimensionen genau dieselben sind, wie in den Projectionen desselben Fig. 120 und 121. Es leuchtet ein, daß es nicht geradezu erforderlich ist, bei der Darstellung eines Würfels die gegen die Projectionsebene senkrechten Kanten desselben mit dem Zirkel anzutragen, es genügt vielmehr, nur die eine Kante bd anzutragen, von d eine Senk-

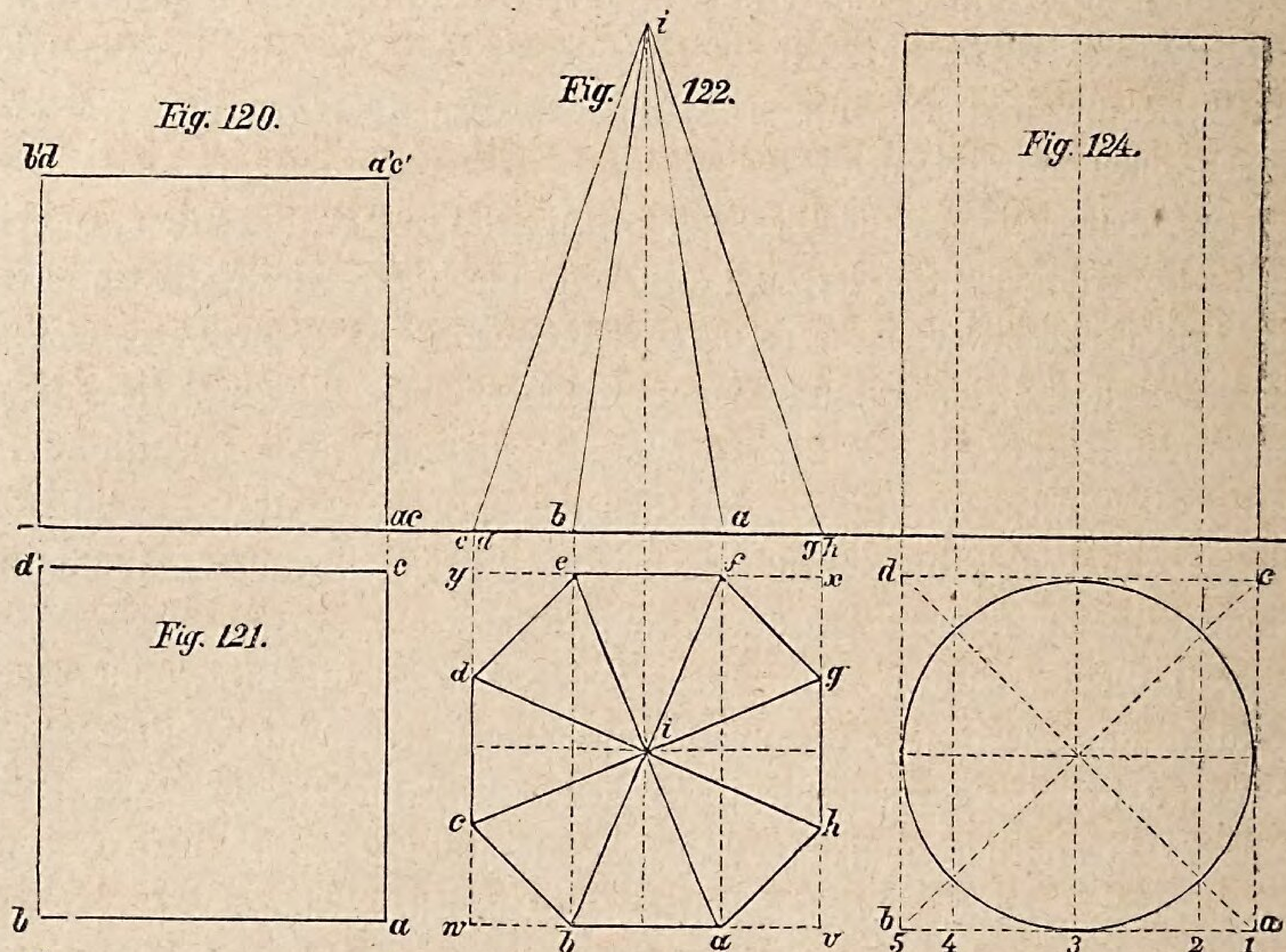


Fig. 120. Fig. 121. Fig. 122. Fig. 123. Fig. 124. Fig. 125.

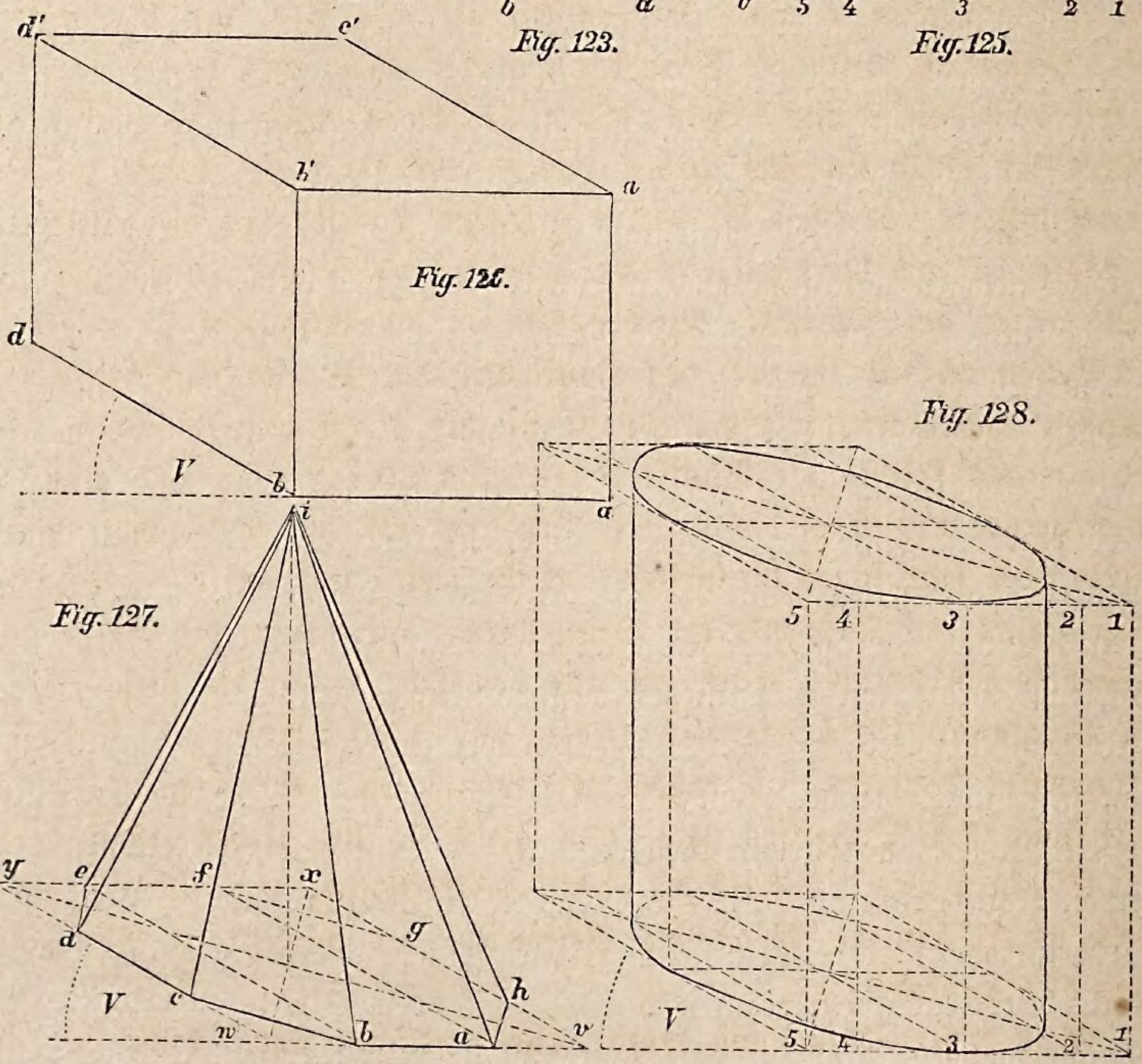


Fig. 126. Fig. 127. Fig. 128.

rechte bis zur Parallelen b'd', und von dem Durchschnittspunkte d' eine mit a'b' parallele Linie bis zur Linie a'c' zu ziehen, um zu demselben Resultate zu gelangen.

Betrachten wir die Projectionen der achtseitigen Pyramide Fig. 122 und 123, so werden wir finden, daß wir bei der perspectiven Darstellung derselben von der Verticalprojection nicht ausgehen können, weil keine der Seiten parallel mit der Projectionsebene und zugleich senkrecht ist. Wir werden die Grundfläche perspectiv zu zeichnen, auf dieser die Senkrechte, in welcher die Spitze liegt, zu errichten und von dem in dieser Senkrechten gelegenen Punkte i, dessen Entfernung von der Grundfläche aus der Verticalprojection Fig. 122 zu entnehmen ist, nach den Ecken der Grundfigur die Kanten zu ziehen haben. Da die Grundfläche der Pyramide ein regelmäßiges Achteck bildet, bei welchem je zwei gegenüberliegende Seiten parallel sind und auf je zwei in entgegengesetzter Richtung parallelen Seiten senkrecht stehen, und außerdem die verlängerten Linien dieser Seiten bis zu ihren Durchschnitten ein Quadrat bilden, so gehen wir bei der perspectiven Darstellung der Grundfläche von diesem Quadrate aus. Tragen wir die eine Seite des Quadrates vw an, und an dieser die Seite des Achteckes ab; ziehen von v und w, so wie auch von a und b nach einem beliebigen Winkel V Parallele; machen wy gleich vw und ziehen von y eine Parallele zu vw bis zu dem Punkte x, wo diese die von v gezogene Parallele zu wy schneidet, so haben wir die Perspective des Quadrates vwxy und in ab und ef zwei Seiten des Achtecks. Werden nun an die Parallelen vx und wy die Seiten cd und hg von den Punkten v und w aus nach denselben Maaßen angetragen, wie die Seiten ab und ef an den Parallelen vw und xy und sodann die Punkte b mit c, d mit e, f mit g und a mit h durch gerade Linien verbunden, so erhalten wir die vollständige Perspective der achtseitigen Grundfläche der Pyramide und auf dieser Grundfläche ferner den Fußpunkt der Senkrechten, auf welcher die Spitze der Pyramide sich befindet, wenn wir aus den Ecken vwxy des umschließenden Quadrates die Diagonalen ziehen und den Schnittpunkt k dieser Diagonalen bemerken. Errichten wir von k eine Senkrechte, machen diese nach der Projection Fig. 122 gleich ik und ziehen sodann von dem Punkte i nach den Ecken der bereits perspectivisch dargestellten Grundfläche gerade Linien, so ist die Perspective der achtseitigen Pyramide Fig. 127 vollendet.

Aus dieser Darstellung können alle wirklichen Dimensionen der in

Fig. 122 und 123 gegebenen Projectionen genau und unmittelbar entnommen werden. Es erscheinen aber nur diejenigen Linien in ihrer wahren Länge, welche entweder parallel oder senkrecht zur Verticalebene sind. Sind gerade Linien unter irgend einem Winkel zur Verticalebene geneigt, so erscheinen sie in der perspectivischen Darstellung entweder länger, wie bc und df, oder kürzer, wie ah und de der Fig. 127. Es kann aber die wirkliche Länge geneigter Linien ebenfalls aus der perspectivischen Darstellung entnommen werden, wenn wir sie als Hypothenuse rechtwinkeliger Dreiecke annehmen, deren Katheden parallel und senkrecht gegen die Bildfläche gerichtet sind.

Bei der perspectivischen Darstellung des Cylinders Fig. 128, von dem in den Fig. 124 und 125 die Horizontal- und Verticalprojectionen gegeben sind, haben wir zur Bestimmung einer Anzahl von Punkten, welche in der Peripherie des Kreises liegen, der die Grundfläche des Cylinders in der Horizontalprojection Fig. 125 darstellt, durch die Tangenten des um den Kreis gelegten Quadrates und durch die Schnittpunkte der Diagonalen dieses Quadrates bestimmt, und von diesen Punkten aus Senkrechte gegen die parallel mit der Bildfläche angenommene Seite ab des Quadrates geführt. Die Fußpunkte dieser Senkrechten, welche wir mit 1, 2, 3, 4 und 5 bezeichnet haben, werden nun von Fig. 125 an die Seite ab Fig. 128 angetragen, von diesen die unter beliebigem Winkel geneigten Parallelen gezogen, an diese die Entfernungen der entsprechenden Schnittpunkte an der Peripherie des Kreises, von Fig. 125 entnommen, angetragen, und die Punkte unter sich durch eine stetige krumme Linie verbunden. Von den in der Peripherie des perspectivisch dargestellten Kreises gelegenen Punkten können nun Senkrechte errichtet und an diese, als Leitlinien der Cylinderoberfläche aus Fig. 124 die Höhen aa′, bb′ angetragen werden, um daraus die obere Fläche des Cylinders zu erhalten, oder es kann, wie in Fig. 128 punktirt angegeben, der Kreis der oberen Fläche von der, an der Bildfläche gelegenen Linie a′b′ aus, welche parallel mit der Grundlinie ab und in der gegebenen Höhe angetragen wird, ganz ebenso verzeichnet werden, wie der Kreis der Grundfläche. Senkrechte Tangentenlinien an die unter sich gleichen Begrenzungslinien der unteren und oberen Fläche gezogen, vollenden die perspectivische Darstellung des Cylinders.

An obigen Beispielen glauben wir die für technische Zeichnungen besonders geeignete Methode der perspectiven Darstellung so genügend erklärt zu haben, daß deren Anwendung dem aufmerksamen Leser keine

großen Schwierigkeiten darbieten kann, sofern er mit dem geometrischen Zeichnen vertraut ist. Wir kehren deßhalb zur Betrachtung der Mauerbogen zurück.

Nehmen wir an, es sei eine Mauer, deren eine Hauptaußenfläche senkrecht, die zweite Hauptaußenfläche aber zur Horizontal- und Verticalebene geneigt, nach dieser Seite demnach eine schiefe Böschungsmauer ist, durchbrochen, und es soll diese Mauerdurchbrechung vermittelst eines cylindrischen Mauerbogens überwölbt werden.

Es sei Fig. 129 die vordere Ansicht, Fig. 130 der Grundriß und Fig. 131 der Querdurchschnitt in der Mitte des Schlußsteins von diesem Mauerbogen. — Außer der vorderen Ansicht Fig. 129 muß die obere Stärke der Mauer nach der Durchschnittslinie in der Mitte des Schlußsteins, die Neigung der parallelen oberen und unteren Kante in der Böschungsfläche, so wie der Winkel unter welchem diese Kanten gegen die hintere senkrechte Mauer geneigt sind, gegeben sein, um daraus den Grundriß Fig. 130 und den Querdurchschnitt Fig. 131 mit den in der geneigten Ebene sichtbaren Fugen vollständig construiren zu können.

Ist im Grundriß die obere Mauerstärke vw, so wie die untere Mauerstärke xy, welche aus dem Querdurchschnitte entnommen werden, angetragen und sind von den Punkten w und y die oberen und unteren parallelen Mauerkanten an der Böschungsfläche gezogen, so bestimmt man zuerst die beiden horizontalen Lagerfugen in der Böschung, indem man die senkrechten Abstände der in dem Querdurchschnitte Fig. 131 liegenden Punkte dieser Fugen von der senkrechten Ebene entnimmt, nach Fig. 130 überträgt, und durch diese Punkte Parallelen mit der oberen und unteren Kante der Böschung führt.

Die in der vorderen Ansicht gegebenen Schnittpunkte von den Kanten der horizontalen Lager und der nach der Achse des Bogens geführten Lager der Wölbsteine, werden in dem Grundrisse sowohl, wie in dem Querdurchschnitte so bestimmt, daß man sich durch diese Punkte senkrechte Ebenen gelegt denkt, deren Durchschnittslinien an der Böschung untereinander und mit der Durchschnittslinie der durch die Mitte des Schlußsteins gelegten Ebene parallel sind.

Nehmen wir an, es sei der Punkt p zu bestimmen, so würde eine durch diesen Pnnkt gelegte Ebene die Böschung in r an der Oberkante und in q an der Unterkante schneiden, und es würde der Punkt p im Grundriß in dem Durchschnitte dieser Linie mit der ersten horizontalen Lagerfuge liegen.

Fig. 129.

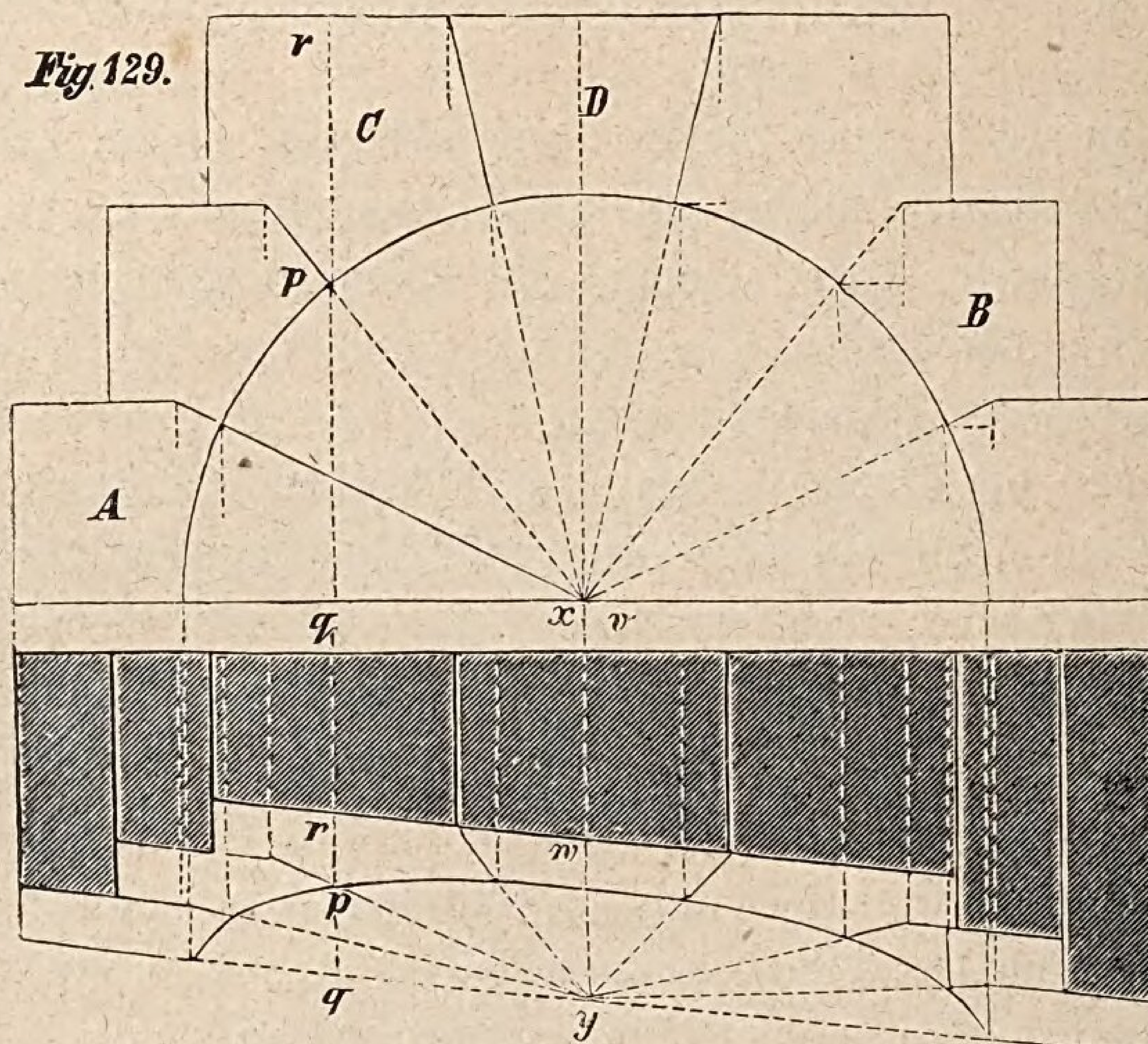


Fig. 130.

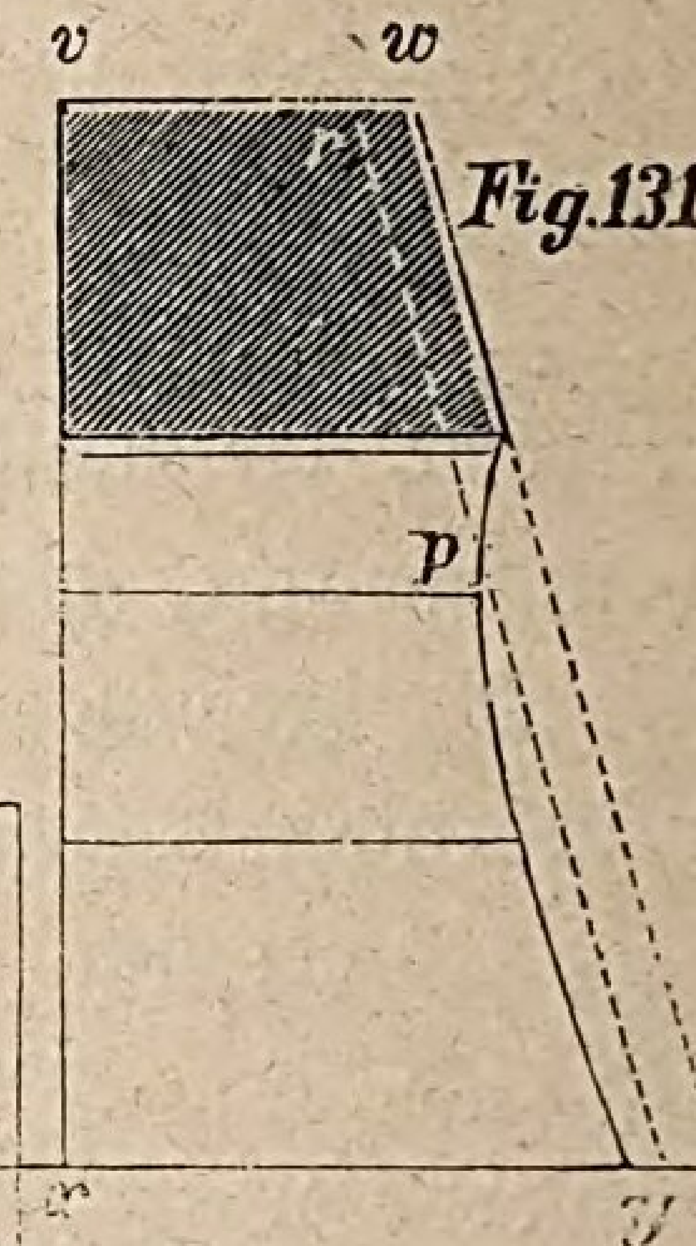


Fig. 131.

Fig. 132.

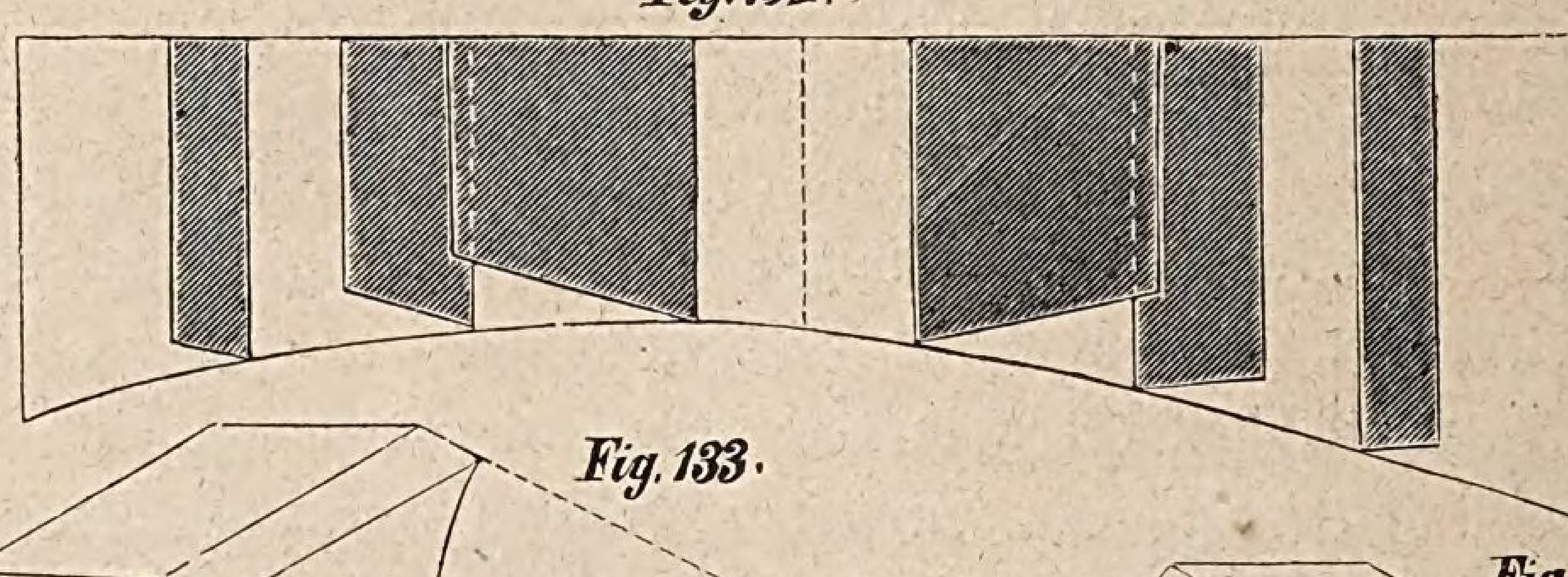


Fig. 133.

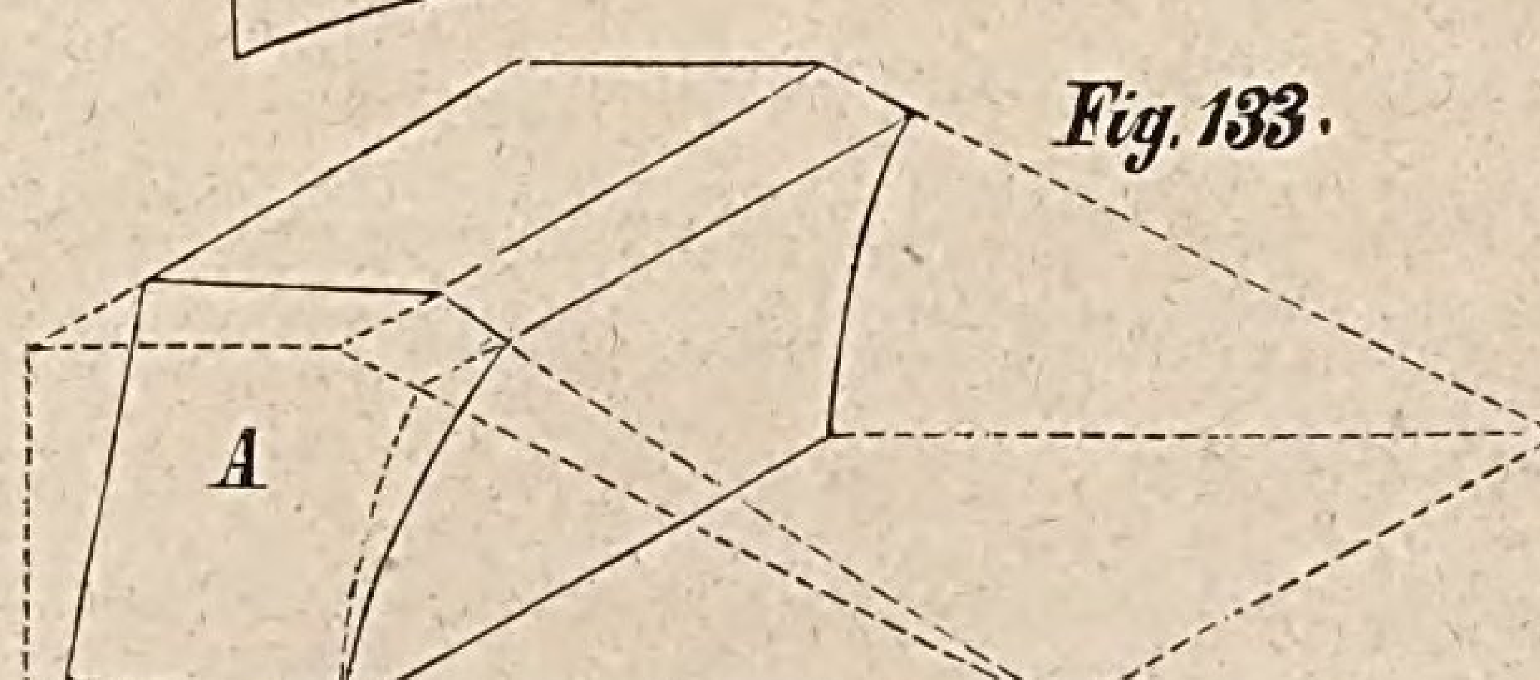
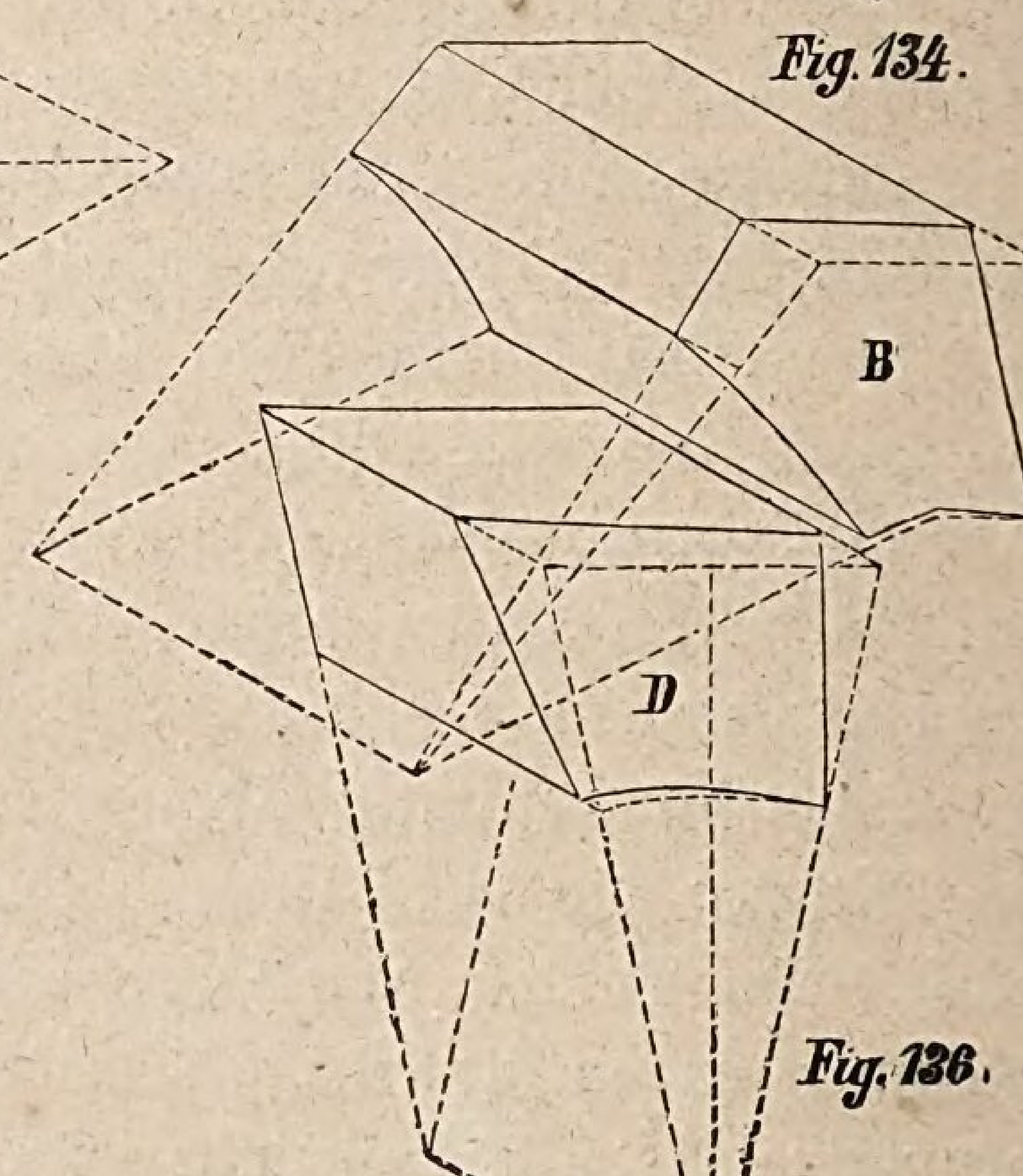


Fig. 134.



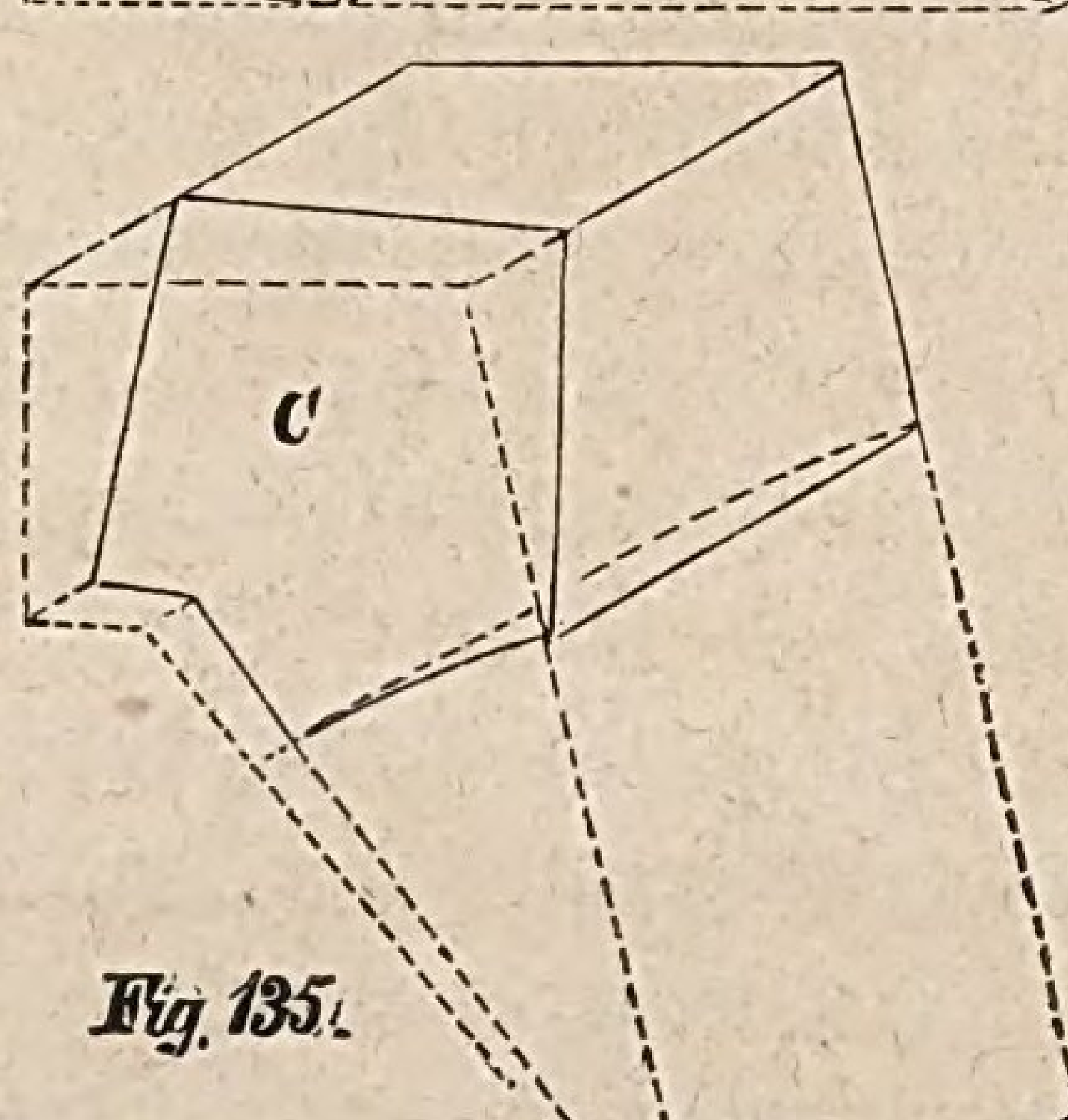


Fig. 135.

Fig. 136.

Derselbe Punkt p wird im Querdurchschnitt bestimmt, indem man den Abstand des Schnittpunktes r an der Oberkante der Böschung von der hinteren senkrechten Mauer, an das obere Lager im Querschnitte Fig. 131 von v nach r, und ebenso den Abstand des Schnittpunktes q an der Unterkante der Böschung von der hinteren senkrechten Mauer, an das untere Lager im Querschnitte Fig. 131 von x nach q anträgt und die Durchschnittslinie vq zieht. Wo diese Durchschnittslinie die Fuge des ersten Lagers schneidet, da befindet sich der Schnittpunkt p.

Wie der Punkt p bestimmt wurde, so können alle an der Böschung gelegenen Schnittpunkte bestimmt werden.

Fig. 132 stellt die in die Horizontalebene umgelegte cylindrische Gewölbfläche mit den, an den entsprechenden Fugen ebenfalls umgelegten Lagerschablonen der Gewölbsteine dar. Es sind diese Lagerschablonen bei der Bearbeitung der Wölbsteine nicht geradezu erforderlich, und es werden dieselben überhaupt nur in den Fällen herausgetragen, wo bei der Begrenzung der Lagerflächen krumme Linien vorkommen, wie bei hohlrunden oder runderhabenen Mauerflächen.

Da bei dem in Rede stehenden Mauerbogen, alle Wölbsteine ein senkrechtes Mauerhaupt haben, so werden nach diesem aus dem Musterrisse, welcher der vorderen Ansicht Fig. 129 identisch ist, die Kopfschablonen herausgetragen.

Das senkrechte Mauerhaupt der Wölbsteine wird zuerst bearbeitet, darauf die Kopfschablone gelegt und nach dieser der Stein vorgezeichnet. Nach dieser Vorzeichnung werden sowohl alle Lagerflächen, als auch die cylindrische Fläche rechtwinkelig bearbeitet. Diese rechtwinkelige Bearbeitung wird aber nur alsdann mit der nöthigen Genauigkeit ausgeführt werden können, wenn jeder Stein nach seiner größten Länge, welche aus dem Grundrisse entnommen werden muß, zuerst mit zwei parallelen senkrechten Häuptern bearbeitet wird, an welche beiden, nach der Richtung einer vorher genau bearbeiteten Lagerfläche, die zu bearbeitenden anderen Lagerflächen nach der Kopfschablone vorgezeichnet und von den beiderseitigen Vorzeichnungen als Richtlinien aus, nach dem Richtscheite gearbeitet werden. Sind die Lagerflächen bearbeitet, so wird der Stein dadurch vollendet, daß das Haupt, welches in die Böschung fällt, nach den vorgezeichneten Kanten der Lagerfläche abgearbeitet wird. Die Kanten der Lagerfläche eines Steines werden aus dem Grundrisse Fig. 130 oder aus dem Durchschnitte Fig. 131 entnommen und von dem hinteren senkrechten Haupte aus angetragen.

Wir haben in den Fig. 133 bis 136 die Hälfte der Wölbsteine perspectivisch so dargestellt, daß die Gesammtgröße der Steine vor der Bearbeitung, so wie die, durch die Bearbeitung der, in die Böschungsfläche treffenden Häupter wegfallenden Theile, punktirt eingezeichnet sind. Da wir die in den Fig. 129 bis 132 angenommenen Bezeichnungen beibehalten haben, so werden die perspectivischen Darstellungen ohne weitere Beschreibung deutlich genug sein, um daraus die vorbeschriebene Art der Bearbeitung entnehmen und verstehen zu können.

Den angeführten Beispielen von Mauerbogen noch andere folgen zu lassen, welche bei Mauern mit ebenen Außenflächen vorkommen können, sich von den beschriebenen aber durch nichts als durch eine veränderte Richtung der Wölbeachse unterscheiden, halten wir für nicht gerechtfertigt.

Wir nehmen als Beispiel eines Mauerbogens, dessen Wölbsteine hohlrunde und runderhabene Häupter haben, an, daß der Bogen sich in einer cylindrischen Mauer befinde, welche zu beiden Seiten von senkrechten concentrisch-cylindrischen Flächen begrenzt ist. Die Achse des Mauerbogens ist senkrecht gegen die Verticalebene angenommen und normal gegen die concentrischen Kreise, welche in der Horizontalprojection Fig. 138 die concentrischen Cylinderflächen darstellen, so daß sie verlängert den Mittelpunkt dieser Kreise trifft.

Fig. 137 sei die vordere Ansicht, Fig. 138 der Grundriß, Fig. 139 der Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlußsteins von dem Mauerbogen. Die Fig. 140 stellt die umgelegte Cylinderfläche des Bogens mit den ebenfalls umgelegten Lagerschablonen der einzelnen Wölbsteine dar.

Es ist klar, daß die Fugen der Wölbsteine, welche in der Ansicht Fig. 137, da die Ebenen der Lagerflächen senkrecht zur Verticalebene angenommen sind, als gerade Linien erscheinen, als Durchschnitte von ebenen Flächen mit Cylinderflächen krumme Linien sein müssen, wie aus dem Querdurchschnitt Fig. 139 zu ersehen ist.

Um diese gekrümmten Linien im Querdurchschnitte zu verzeichnen, nimmt man außer den beiden Endpunkten einer Fugenlinie in der Ansicht Fig. 137 noch einen mittleren Punkt an. Diese drei an der betreffenden Cylinderfläche der Mauer gelegenen Punkte werden auf die, in dem vorigen Beispiele erwähnte Weise bestimmt, indem man sie als Schnittpunkte zweier Ebenen betrachtet, von denen die eine horizontal, die andere aber senkrecht die Cylinderfläche schneidet.

Um die cylindrische Bogenfläche nach Fig. 140 aufzulegen und an dieser die Lagerschablonen mit den gekrümmten Fugenlinien richtig zu

verzeichnen, denkt man sich die Cylinderfläche nach hinten verlängert und durch eine mit der Verticalebene parallele, durch V gelegte Ebene geschnitten, deren Horizontalprojection in Fig. 140 durch die punktirte, durch den Punkt V geführte Horizontale dargestellt ist. Man legt nun, indem man von der Schnittlinie der, durch die Mitte des Schlußsteins geführten Ebene aus, zu beiden Seiten die Breite der Steine an der Leibung des Bogens anträgt, und von den Theilpunkten Senkrechte gegen die durch V geführte Verticalebene zieht, die verlängerte Cylinderfläche in die Horizontalebene auf, und bestimmt in derselben diejenigen

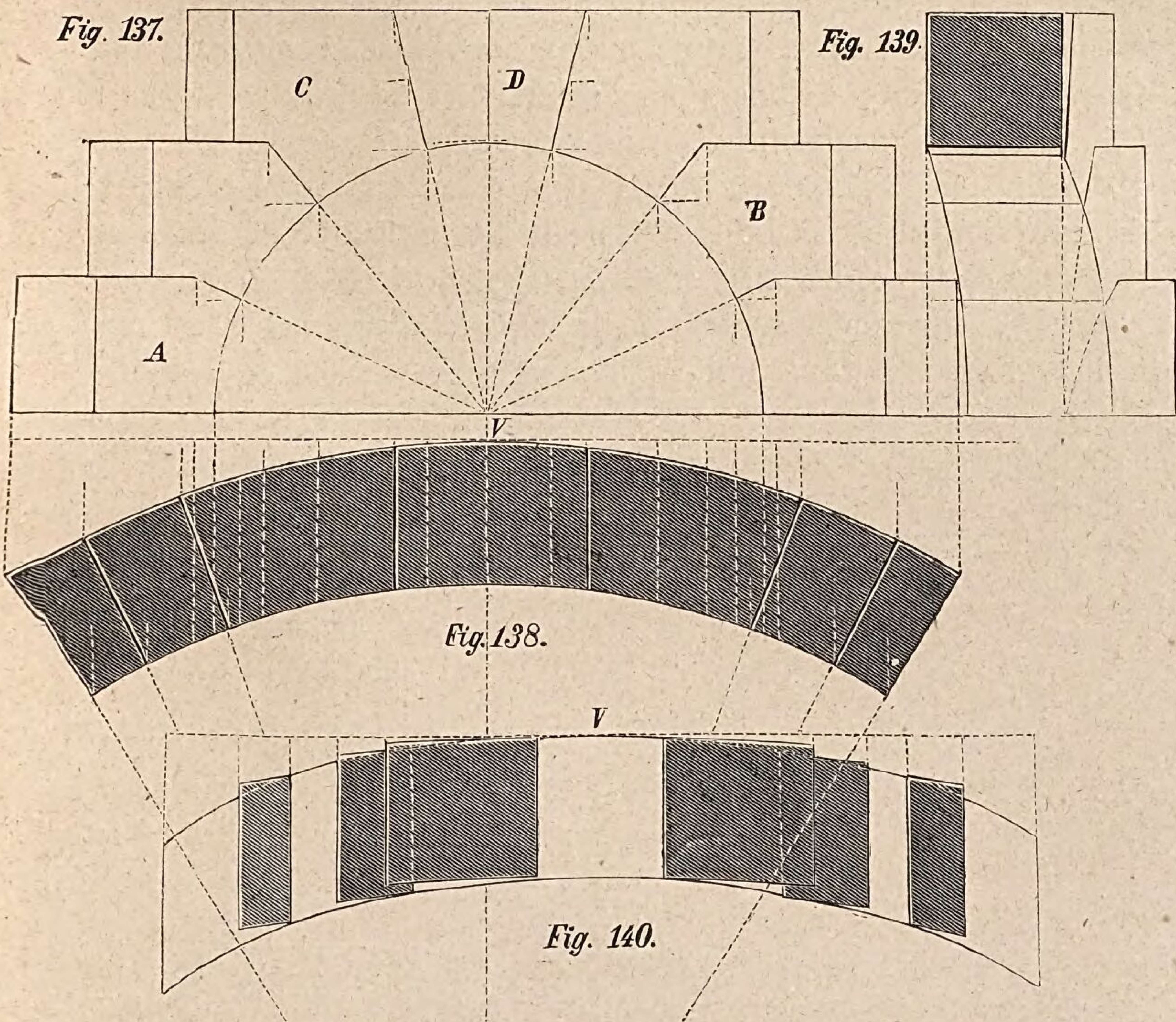


Fig. 137. Fig. 138. Fig. 139. Fig. 140.

Punkte, welche den entsprechenden Begrenzungen des, durch die senkrechte Cylinderfläche geschnittenen Theiles angehören, indem man die senkrechten Abstände dieser Punkte von der durch V gelegten senkrechten Hülfsebene aus Fig. 138 entnimmt. Bei dem Heraustragen der Lagerschablonen werden die in Fig. 137 angenommenen Punkte zum Verzeichnen der krummen Fugen an den cylindrischen Mauerflächen, nach demselben Verfahren bestimmt.

Da bei der Anwendung des Hakenverbandes die Wölbsteine, mit Ausnahme des Schlußsteins, mit gebrochenen Lagerflächen in die horizontalen Schichten der Mauer eingreifen, sonach zugleich Bestandtheile dieser Schichten bilden; so müssen die senkrechten Stoßfugen bei dem Anschluß der Wölbsteine, nach den allgemeinen Anforderungen des Mauerverbandes in Bezug auf die Vermeidung spitzer Winkel, normal zu den senkrechten Cylinderflächen der Mauer geführt werden. Da wir in unserem Beispiele angenommen haben, daß die Breite der Mauersteine die ganze Stärke der Mauer ausmache, so sind, dieser Annahme entsprechend, die centrischen Stoßfugen ohne Brechung durchgeführt, so daß in Fig 138 die geraden Linien, welche die Horizontalprojection dieser Fugen darstellen, nach den punktirten Linien verlängert, sich in dem Mittelpunkte der concentrischen Kreise schneiden würden.

Wird die Stärke einer Mauer durch die Breite von zwei oder mehr Steinen gebildet, so können die Stoßfugen der Wölbsteine bei dem Anschluß der Steinreihen, für jede Steinreihe besonders in Absätzen gebrochen abgesetzt, müssen aber dabei an jedem Absatz normal zu den Cylinderflächen der Mauer geführt werden.

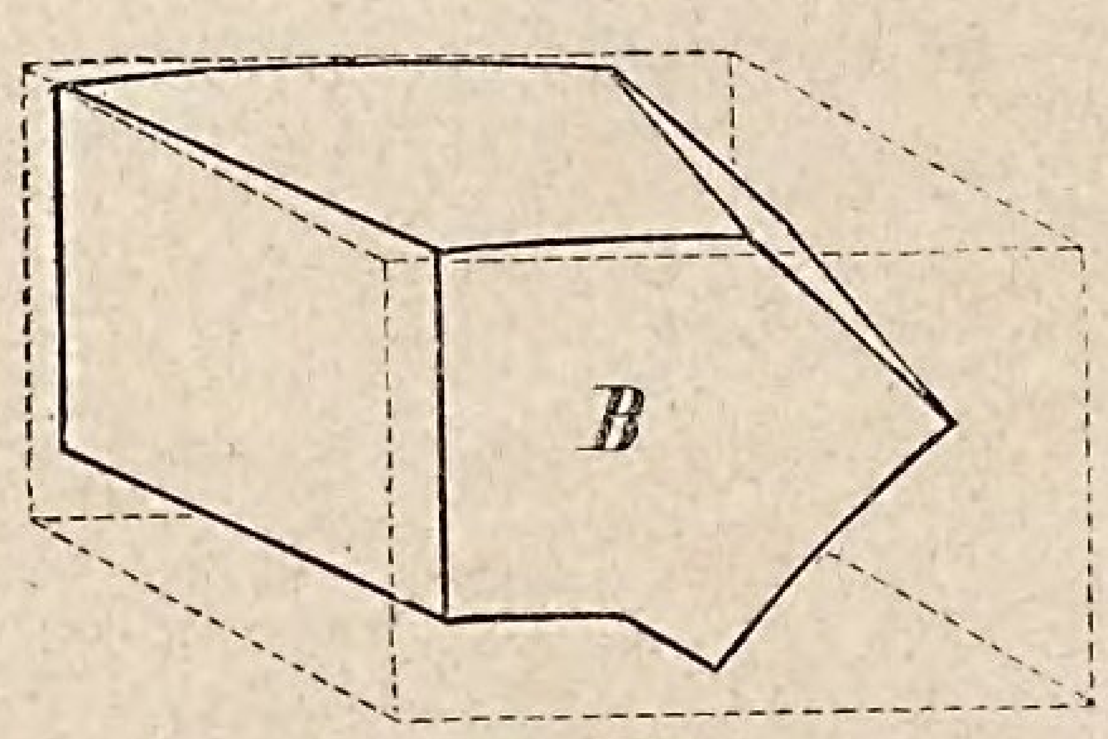


Fig. 141.

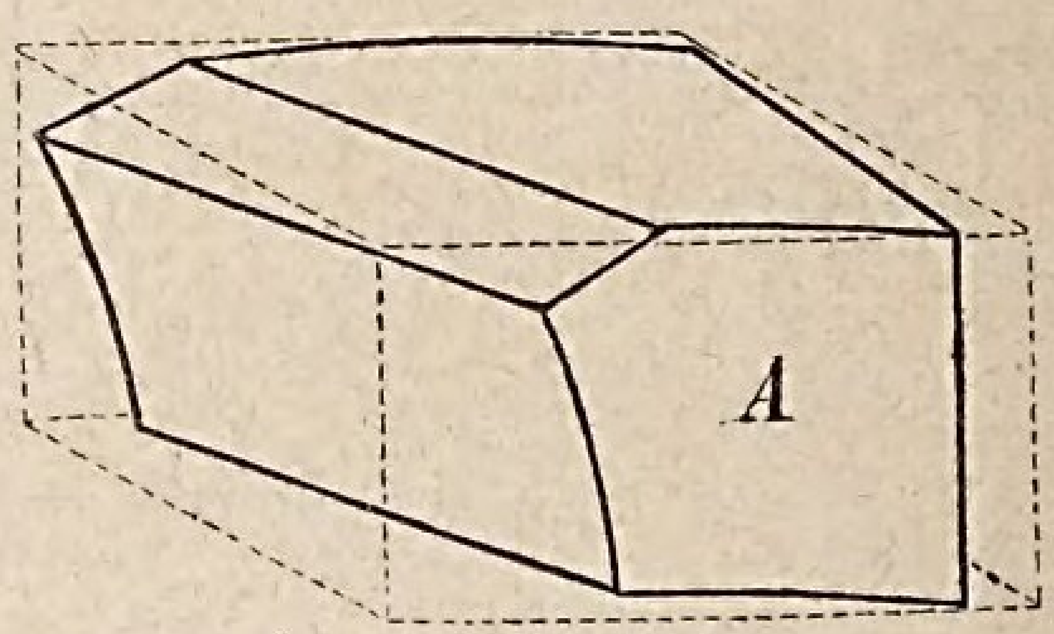


Fig. 142.

Die in den Fig. 141, 142, 143 und 144 perspectivisch dargestellten Wölbsteine von der Hälfte des Mauerbogens sind mit den nämlichen Buchstaben bezeichnet, wie in den vorhergehenden Figuren. Die

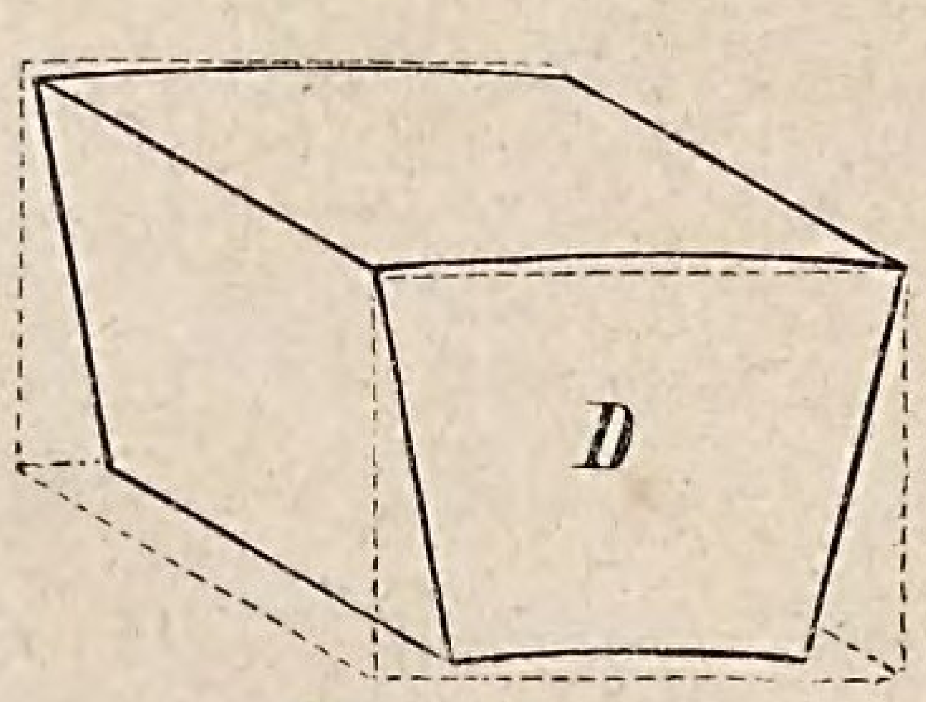


Fig. 143.

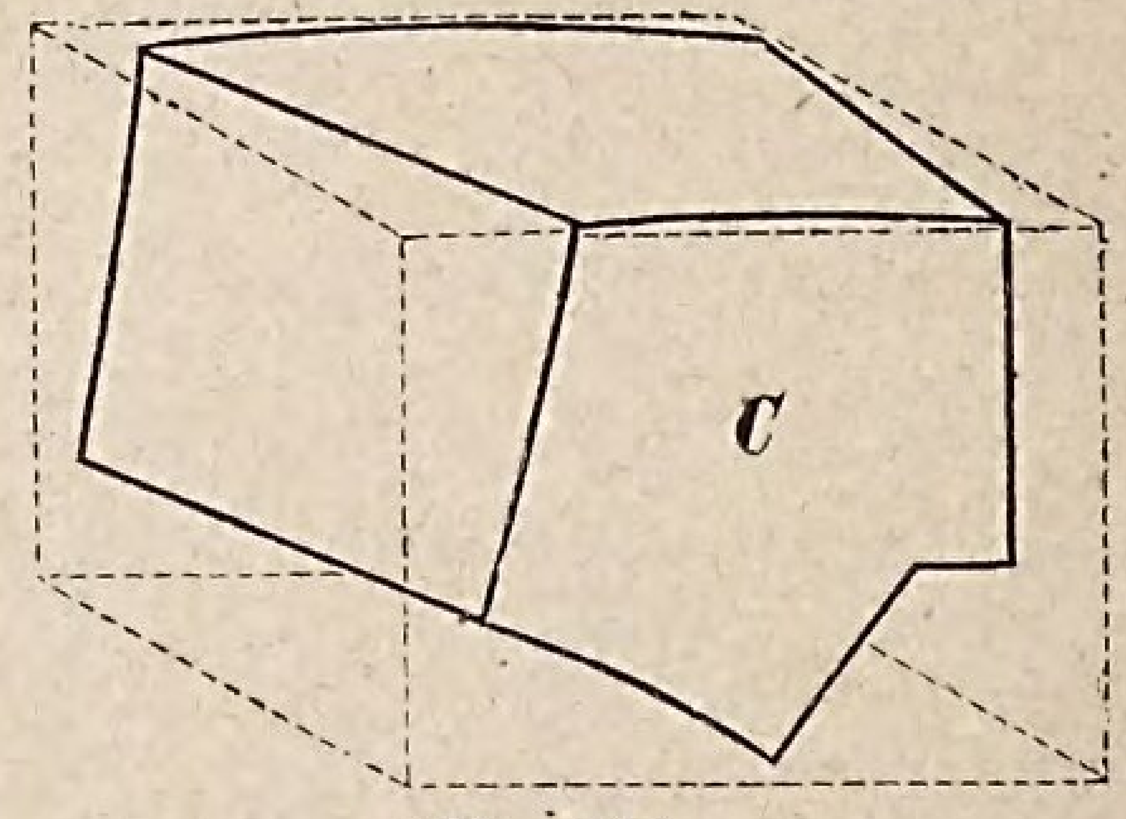


Fig. 144.

einzelnen Steine sind so verzeichnet, wie sie der Steinhauer nach den Kopf- und Lagerschablonen bearbeitet, indem er sich nicht der in Fig. 138

punktirt angegebenen durch V geführten Hülfsebene bedient, vielmehr bei jedem Steine sich zwei Flächen, eine senkrechte am Steinhaupte und eine horizontale auf dem Steinlager zuerst bearbeitet, welche er als Hülfsebenen benützt, um die Abstände der Begrenzungspunkte von Steinkanten nach dem Winkel anzutragen, oder die entsprechenden Schablonen aufzulegen, nach denen er die zu bearbeitenden Kanten vorzeichnet.

Ob er die als Hülfsebenen bearbeiteten Ebenen benützen und als Steinflächen stehen lassen kann, hängt von der Form des zu bearbeitenden Steines ab; wo sich dazu Gelegenheit bietet, wird er mindestens eine der Hülfsebenen so annehmen, daß sie zugleich eine Fläche des Steins bildet, oder daß die Bearbeitung der Hülfsebenen als Vorarbeit benützt werden kann, wie dieß bei Steinen mit vielkantig gebrochenen oder runderhabenen Flächen der Fall ist.

Wir haben im Sinne des praktischen Steinmetzen bei der perspectivischen Darstellung der Steine, dieselben vor der Bearbeitung als Parallelepipede oder vierseitige Prismen von solcher Größe angenommen, daß die Flächen derselben entweder mit den zu bearbeitenden Steinflächen zusammenfallen oder den Stein an seinen äußersten Kanten schneiden. Nach dieser Annahme verfährt der Steinmetz aus dem Grunde, weil er nur auf diese Weise im Stande ist, dem rohen Steine die geringsten Dimensionen zu geben, oder Steine von den geringsten Dimensionen zu wählen, welche die Bearbeitung des Steins nach der vorgeschriebenen Form zuläßt.

Sechster Abschnitt.

Von den Kernbogen.

Bei der Ueberwölbung von Thoren, Thüren und Fenstern, werden die Mauerbogen in der Regel nicht auf die ganze Stärke der Mauer so durchgeführt, daß die Gewölbfläche die Fläche eines Cylinders von gleichem Durchmesser bildet, vielmehr ist die Gewölbefläche nur nach außen von der Mauerfläche bis zum Anschluß der beweglichen Thor-, Thür- oder Fensterflügel cylindrisch, während der nach innen befindliche Theil der Gewölbefläche, sich von dem bemerkten Anschluß der Flügel nach innen so erweitert, daß die um eine senkrechte Axe sich bewegenden

Flügel nach innen unter beliebigem Winkel geöffnet werden können, ohne daß sie den Mauerbogen berühren. Es werden derartige Bogen mit nach innen sich erweiternden Gewölbeflächen, welche meist aus mehreren Flächen bestehen, die nach irgend einem System in Zusammenhang gebracht sind, Kernbogen genannt. Die Bedingungen, nach denen jene Flächen erzeugt werden können, sind so verschieden, daß eine große Anzahl von möglichen Kernbogen gedacht werden kann, von denen wir übrigens nur wenige, und zwar diejenigen betrachten wollen, welche bei geraden Mauern um deßwillen angewendet zu werden verdienen, weil sie den üblichen Anforderungen vollkommen entsprechen, und dabei in der Ausführung keine Schwierigkeiten darbieten.

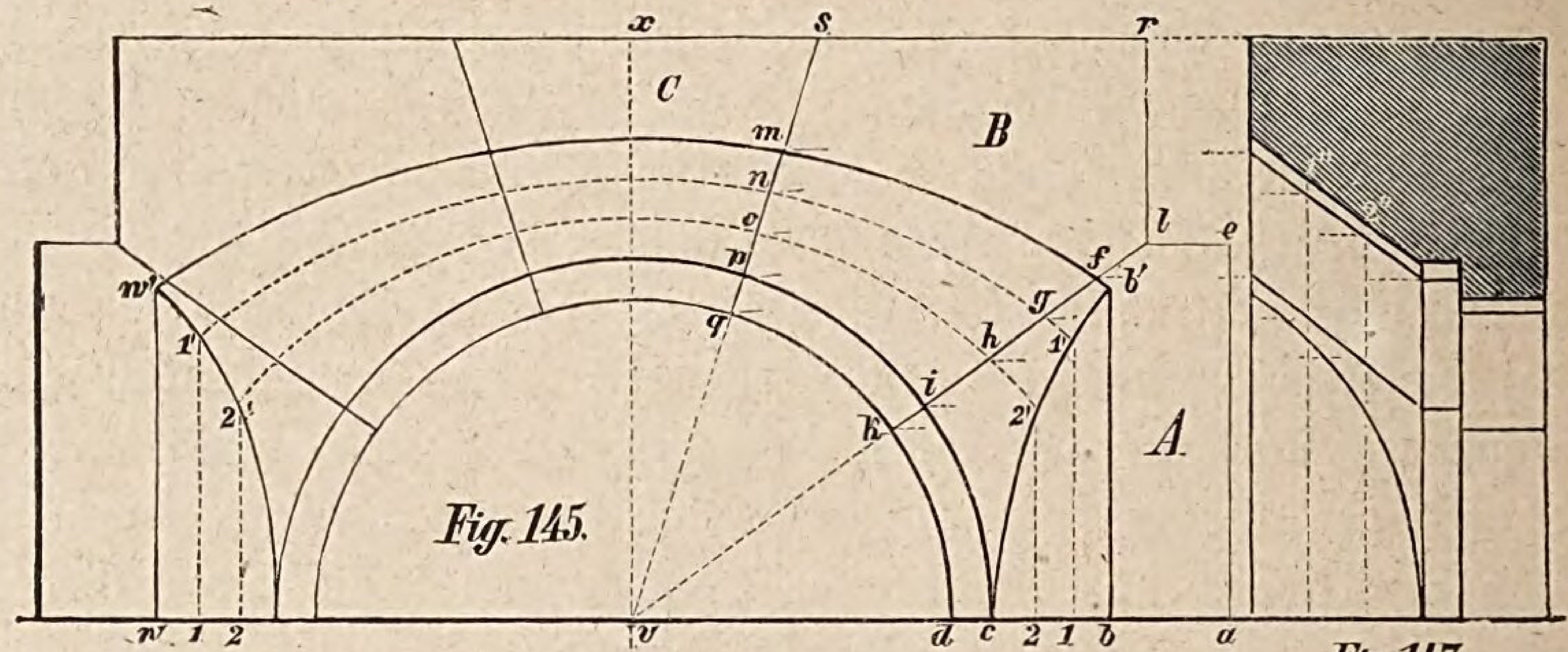


Fig. 145.

Fig. 147.

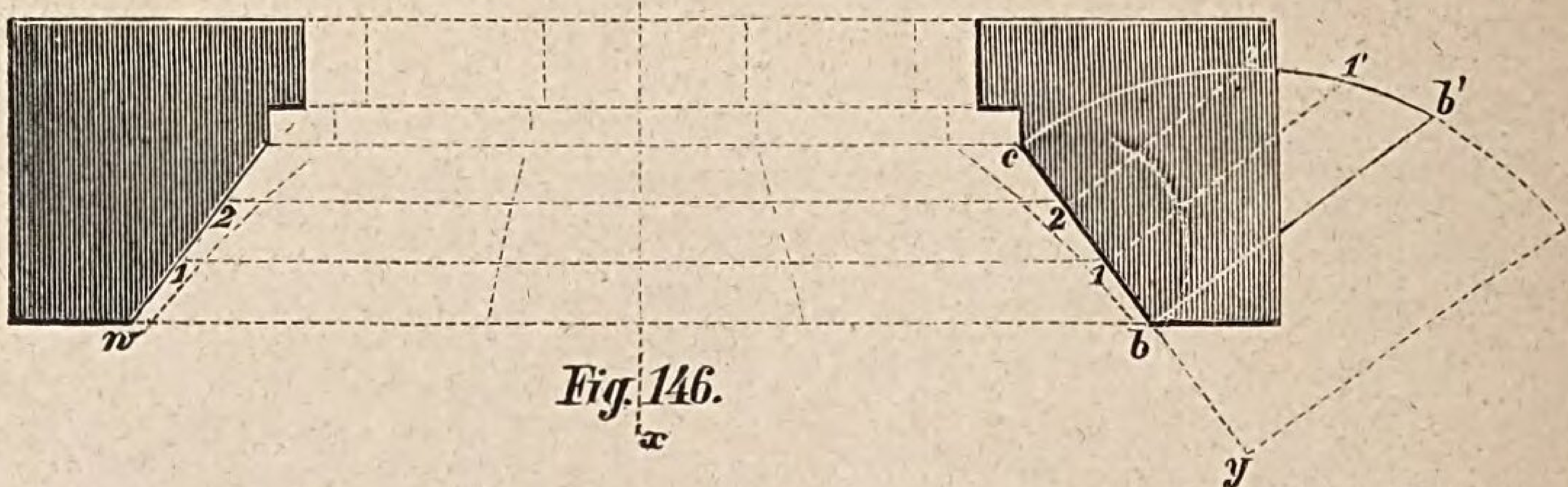


Fig. 146.

Fig. 148.

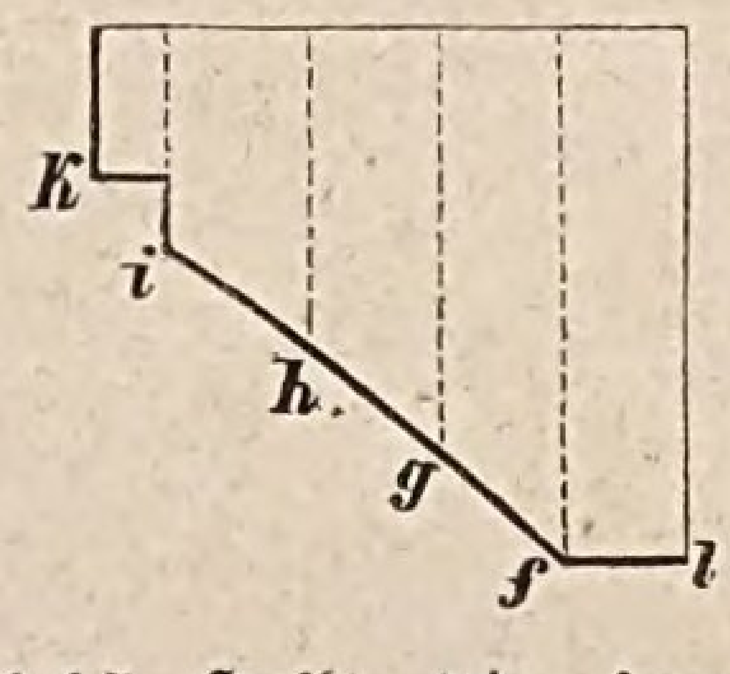
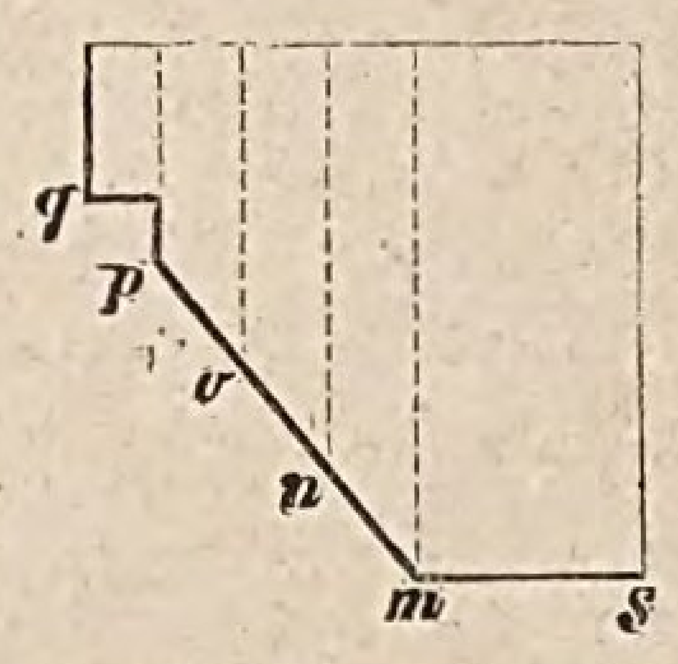


Fig. 149.



Dig Fig. 145 stellt die innere Ansicht, Fig. 146 den Grundriß und Fig. 147 den Querschnitt durch die Mitte des Schlußsteins von

einem Kernbogen dar, bei welchem folgende Bedingungen gestellt sind, nach denen die nach innen sich erweiternde Gewölbefläche erzeugt werden soll.

Die Gewölbefläche soll sich an die senkrechte Leibung der nach innen stumpfwinkeligen Mauer so anschließen, daß der oberhalb der horizontalen Gewölbeachse befindliche Theil dieser Leibung, welcher Spiegel genannt wird, einen Theil einer Kreisfläche bilde, damit die Form dieses Spiegels genau mit der Gestalt des oberen Theils von dem Flügel übereinstimme, welcher nach innen geöffnet, sich an die Leibung des Bogens legen soll. Der Durchschnitt einer durch die Mitte des Schlußsteins gelegten senkrechten Ebene soll eine gerade Linie sein, welche gegen die Horizontalebene unter demselben Winkel geneigt ist, unter welchem die Horizontalprojectionen der Leibungen gegen die Verticalebene geneigt sind. Ferner sollen die Durchschnitte der nach innen sich erweiternden Gewölbefläche mit senkrechten Ebenen, welcher unter sich und mit der Projectionsebene parallel sind, Kreisbogen sein, welche durch je drei Punkte, nämlich die Durchschnittspunkte jener Ebenen mit den kreisförmigen Begrenzungen der beiderseitigen Spiegel der Leibung und der geraden Linie, welche als Scheitellinie der Gewölbefläche angenommen ist, bestimmt werden.

Nach diesen Bedingungen wird die nach innen sich erweiternde Gewölbefläche eine unregelmäßig kegelförmige sein. Die Fig. 145 stellt die vordere Ansicht, Fig. 146 den Grundriß und Fig. 147 einen senkrechten Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlußsteines von diesem, den obigen Bedingungen entsprechenden Kernbogen dar. Die Fig. 148 und 149 sind die Schablonen der Lagerfläche der Wölbsteine A, B, C welche in den Figuren 150, 151 und 152 perspectivisch dargestellt und mit denselben Buchstaben, wie in der Fig. 145 bezeichnet sind.

Die Mittelpunkte der Kreisbogen, welche an der kegelförmigen Gewölbefläche als die Durchschnitte senkrechter und mit der Projectionsebene paralleler Ebenen erscheinen, befinden sich in einer durch die Achse des Gewölbes geführten zur Horizontal- und Verticalebene senkrechten Ebene, deren Projection in den Fig. 145 und 146 die punktirte Durchschnittslinie xx darstellt.

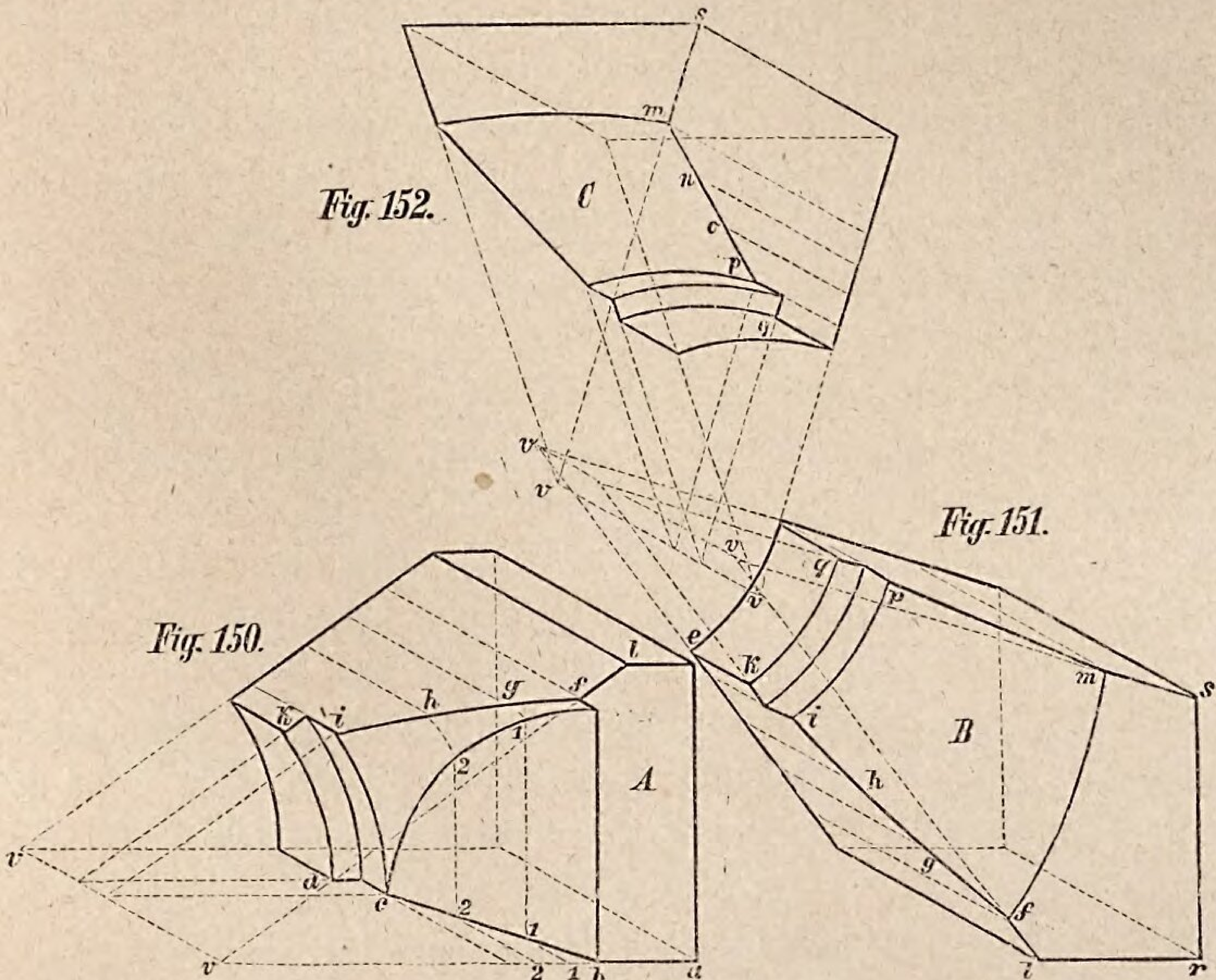
Um den Spiegel zu erhalten, welcher dem geöffneten Flügel zum Anschlage dient, und welcher nach den gestellten Bedingungen in seiner Begrenzung an der Bogenleibung identisch sein muß mit dem oberen Theile des anschlagenden Flügels, denken wir uns nach Fig. 146 die Spiegelfläche um die Grundlinie bc als Achse in die Horizontalebene

umgelegt. In der verlängerten Linie bc befindet sich der Mittelpunkt y des Kreisbogens, dessen Halbmesser cy gleich ist dem Halbmesser des Flügels cv. Beschreiben wir aus dem Mittelpunkte y den Kreisbogen und errichten von c eine Senkrechte, so stellt diese Senkrechte die Kante des Spiegels dar und der Schnittpunkt b′ ist die obere Begrenzung dieser Kante, sonach einer der drei Punkte, durch welche der äußere Kreisbogen bestimmt wird. Da die beiden Spiegel identisch sind, so kann zur Verzeichnung des äußeren Bogens b′w′ aus dem Grundrisse Fig. 146 cb′ entnommen und in der Ansicht Fig. 145 an die senkrechten Kanten des Spiegels ww′ und bb′ angetragen werden. Der dritte Punkt, welcher in der Senkrechten xx liegt, wird dadurch bestimmt, daß wir von dem Scheitelpunkte des Halbkreises, welcher die innere Begrenzung der sich nach innen erweiternden Gewölbefläche darstellt, die Abmessung bc, welche gleich ist der Abmessung vw, nach z antragen. Wie der Mittelpunkt des Kreisbogens gefunden wird, in dessen Peripherie die Punkte b′w′x sich befinden, müssen wir als bekannt annehmen.

Denken wir uns nun mehrere senkrechte Ebenen, hier zwei, parallel mit der Verticalebene durch die Gewölbefläche gelegt, deren Horizontalprojectionen die punktirten Linien in Fig. 146 sind, so werden die Durchschnitte dieser Ebenen an dem Spiegel, die parallel mit bb′ gezogenen Senkrechten 11′, 22′ und in Fig. 145 die mit denselben Zahlen bezeichneten Senkrechten sein. Die Schnittpunkte dieser senkrechten Hülfsebenen an der geneigten Scheitellinie, ergeben sich aus dem Querdurchschnitte Fig. 147, wenn wir die angenommenen Hülfsebenen nach den punktirten Linien gleichfalls verzeichnen und deren Durchschnittspunkte 1″ 2″ mit der Scheitellinie entnehmen und in die vordere Ansicht Fig. 145 übertragen.

Daß die nach der horizontalen Achse gerichteten Fugen an der nach außen sich erweiternden Gewölbefläche keine geraden Linien sein können, ist, nach der, den gestellten Bedingungen entsprechenden Erzeugung der Gewölbefläche, leicht zu begreifen. Die Krümmung der Fugen wird bestimmt, nach den Punkten, wo in der Ansicht Fig. 145 die kreisförmigen Durchschnitte der parallel mit der Projectionsebene angenommenen Hülfsebenen die geraden Linien schneiden, welche die Projectionen der geneigten Lagerflächen darstellen. Wie diese Punkte aus der Verticalprojection Fig. 145 in die Horizontalprojection Fig. 146 übertragen, und wie mit Hülfe dieser beiden Projectionen die Lager- und Kopfschablonen

herausgetragen werden, bedarf nach den bereits besprochenen Aufgaben keiner weiteren Ausführung.


Fig. 152. Fig. 151. Fig. 150.

In Bezug auf die Bearbeitung der in den Fig. 150, 151 u. 152 perspectivisch dargestellten Wölbsteine ist zu bemerken, daß zu jedem Steine zwei Kopfschablonen erforderlich sind, und daß zu einer genauen Bearbeitung der unregelmäßig kegelförmigen Flächen der Steine, außer den Lagerschablonen auch noch Hohlschablonen herausgetragen werden müssen, welche als Kantenlinie über zwei Punkte des äußeren und inneren Kreisbogens, die in einer senkrecht gegen die Verticalebene und zugleich gegen die horizontale Achse des Gewölbes geführten Ebene liegen, angelegt, genau die Form angeben, welche an dieser Stelle die Fuge eines Steines haben müßte. Das Heraustragen dieser Hohlschablonen wird ebenso vorgenommen, wie das Heraustragen der gekrümmten Fugen der Lagerschablonen. Statt der so eben erwähnten Hohlschablonen, welche an der Gewölbfläche der Steine in der Richtung einer Lagerfuge angelegt werden, kann man sich auch solcher Hohlschablonen bedienen, welche die Schnittlinien der senkrechten und parallel mit der Projectionsebene geführten Ebenen an der Gewölbfläche darstellen, sonach aus den entsprechenden Mittelpunkten der zugehörigen

Kreisbogen vorgezeichnet und von den, auf den Lagerschablonen angegebenen Punkten der Lagerfugen, quer über die Wölbfläche angelegt werden. Es verdienen die letztgenannten Hohlschablonen den zuerst erwähnten um deßwillen vorgezogen zu werden, weil sie mit mathematischer Genauigkeit unmittelbar an dem Musterrisse entnommen und an eben so genau zu bestimmende Punkte der gekrümmten Lagerfuge, deren Bearbeitung dem Bearbeiten der Gewölbfläche ohnehin vorausgehen muß, angelegt werden können. Die genaueste Bearbeitung wird erreicht, wenn beide Arten von Hohlschablonen dabei Anwendung finden.

Die größte Aufmerksamkeit nimmt die Bearbeitung derjenigen Wölbsteine in Anspruch, bei welchen außer einem Theile der Gewölbfläche zugleich ein Theil der senkrechten ebenen Fläche des Spiegels aus dem vollen Steine zu arbeiten ist. Man verfährt dabei in der Weise, daß man die zu dem Stein gehörige Spiegelfläche nach einer Kopfschablone, an welcher die Begrenzungslinie des Spiegels nach der Projection desselben in Fig. 145 ausgeschnitten ist, mit Hülfe von Winkelmaaßen, welche den senkrechten Abständen der an der Begrenzungslinie befindlichen Schnittpunkte von dem Steinhaupte entsprechen, zuerst bearbeitet, um von den bezeichneten Schnittpunkten diejenigen Hohlschablonen anlegen zu können, welche den kreisbogenförmigen Schnittlinien der senkrechten und mit der Verticalebene parallelen Hülfsebenen entsprechend herausgetragen sind. Das beschriebene Verfahren wird aus Fig. 150, welche den Wölbstein A darstellt, mit Angabe des Verfahrens durch punktirte Einzeichnung der Kopfschablone auf dem Haupte, welches die Gewölbfläche begrenzt, ersehen. —

Es leuchtet ein, daß der Kernbogen nach dem angeführten Beispiele, nur von sehr geübten Arbeitern vollendet ausgeführt werden kann, indem allein schon das Heraustragen der nach der Gewölbfläche annähernd elliptisch gekrümmten Lagerschablonen eine gewisse Geschicklichkeit im freien Handzeichnen erfordert, welche oft sonst sehr geschickten Arbeitern abgeht.

Einen Kernbogen, welcher in der Ausführung weniger Schwierigkeiten darbietet, stellen die Fig. 153, 154 und 155 in seinen verschiedenen Projectionen dar. Fig. 153 ist die vordere Ansicht, Fig. 154 der Grundriß und Fig. 155 der senkrechte Querdurchschnitt durch die Mitte des Schlußsteins von diesem Bogen. —

Der nach der inneren Mauerseite sich erweiternde Theil der Wölbfläche ist bei diesem Bogen, wie folgt, erzeugt. Die Begrenzungslinie

der Wölbfläche an dem Anschluß des zu öffnenden Flügels stellt einen Halbkreis, und jene an der inneren Mauerfläche einen flachen Kreisbogen dar. Die Mittelpunkte beider Kreisbogen befinden sich in einer auf beiden Projectionsebenen senkrechten Ebene. Der Durchschnitt dieser Ebene mit der Horizontalebene bildet die Gewölbeaxe, in welcher die

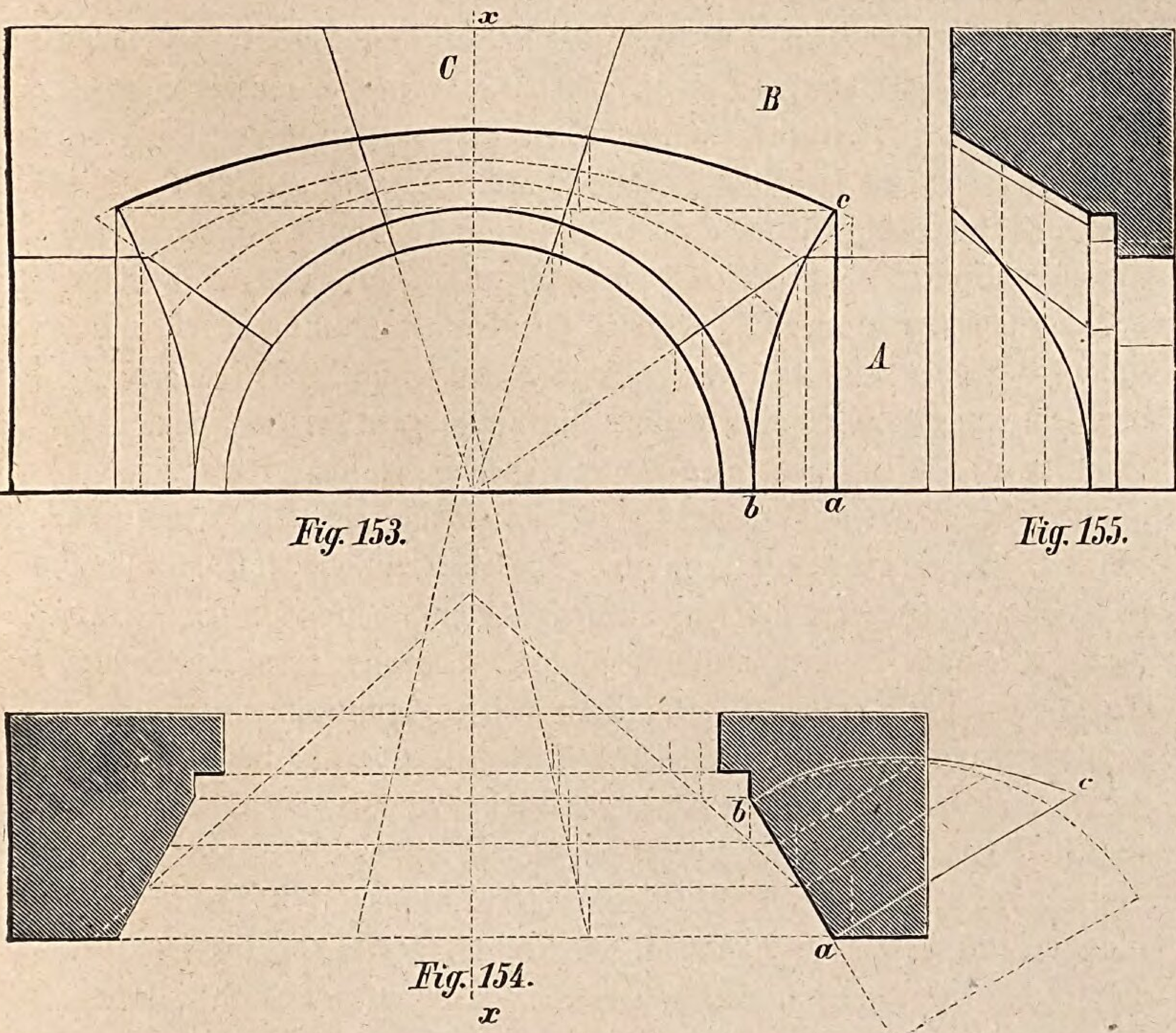


Fig. 153. Fig. 155.

Fig. 154.

Ebenen der Lagerflächen sämmtlicher Wölbsteine sich schneiden. Denken wir uns nun den in der vorderen Mauerflucht befindlichen flachen Kreisbogen beiderseits verlängert, bis er eine durch die Axe des Gewölbes gelegte horizontale Ebene schneidet, so soll die von dem inneren Halbkreis und dem äußeren flachen Kreisbogen begränzte Fläche, von welcher die nach der inneren Seite sich erweiternde Wölbfläche des Kernbogens einen Theil bilden soll, der durch die senkrechten Spiegel der Mauer geschnitten wird, so beschaffen sein, daß die Schnitte aller senkrecht gegen die Verticalebene gerichteten, dabei aber nach der Axe des Gewölbes geführten Ebenen gerade Linien sind.

Um den Spiegel, welcher dem geöffneten Thor- oder Thürflügel zum Anschlage dient, zu erhalten, muß man sich die kegelartige Gewölbfläche durch eine senkrechte Ebene in der Richtung zur Axe des Gewölbes geschnitten denken, welche durch die Projection der nach innen sich erweiternden Leibung der Mauer Fig. 154 gegeben ist. Um den Schnitt dieser senkrechten Ebene zu erhalten, denkt man sich mehrere senkrechte Ebenen parallel mit der Verticalebene durch die Gewölbfläche gelegt. Wir haben deren zwei angenommen, deren Horizontalprojectionen in Fig. 154 die punktirt eingezeichneten horizontalen Linien sind. Nun bestimmt man in der Ansicht Fig. 153 die Durchschnitte dieser Hülfsebenen mit der Gewölbfläche nach den ebenfalls punktirt eingezeichneten krummen Linien, welche Kreisbogen darstellen, indem die Gewölbfläche so angenommen ist, daß die Schnitte senkrechter Ebenen sowohl an der inneren Mauer als an dem Anschlage des Flügels Kreisbogen sind. Die einzelnen Punkte über welche die Kreisbogen, welche die Durchschnitte der Hülfsebenen an der Gewölbfläche darstellen, zu ziehen sind, können leicht dadurch gefunden werden, daß man die Fugen der Steine, welche gerade Linien sind, aus der Ansicht Fig. 153 in die Horizontalprojection Fig. 154 projecirt, ihre Durchschnittspunkte mit den horizontalen Linien, welche die Horizontalprojectionen der fraglichen Kreisbogen sind, bestimmt, und sodann diese Schnittpunkte in die Verticalprojection Fig. 153 überträgt. Mit Hülfe der über diese Schnittpunkte gezogenen Kreisbogen und des im Grundrisse Fig. 154 umgelegten Spiegels, an welchem die Durchschnitte der Hülfsebenen senkrechte Linien bilden, welche in der Verticalprojection ebenfalls senkrecht sind und die entsprechenden Kreisbogen schneiden, ist das Heraustragen des Spiegels leicht auszuführen. Die Verzeichnung des durch die Mitte des Schlußsteins angenommenen senkrechten Querdurchschnitts Fig. 155 ergibt sich bei der Annahme, daß alle Fugenschnitte an der kegelartigen Gewölbfläche gerade Linien sind, aus den Fig. 153 und 154 ohne Schwierigkeit.

Bei der Bearbeitung der Wölbsteine sind nur die äußeren und inneren Kopfschablonen herauszutragen, nach denen die beiden Häupter bearbeitet und von diesen aus die, nur durch gerade Linien begrenzten Lagerflächen nach Winkel und Richtscheit bearbeitet und an diese die in die Wölbfläche fallenden Fugen vorgezeichnet werden können.

Wir haben deßhalb die Lagerschablonen nicht besonders gezeichnet und geben in den Fig. 156, 157 und 158 die perspectivische Dar-

stellung der Wölbsteine von der Hälfte des Bogens, mit Angabe der senkrechten Linien, welche der Steinhauer mit dem Winkel von dem Haupte aus an die Lagerflächen vorzeichnet und an diese die Punkte anträgt, nach denen er die Fugenlinien zu ziehen hat.

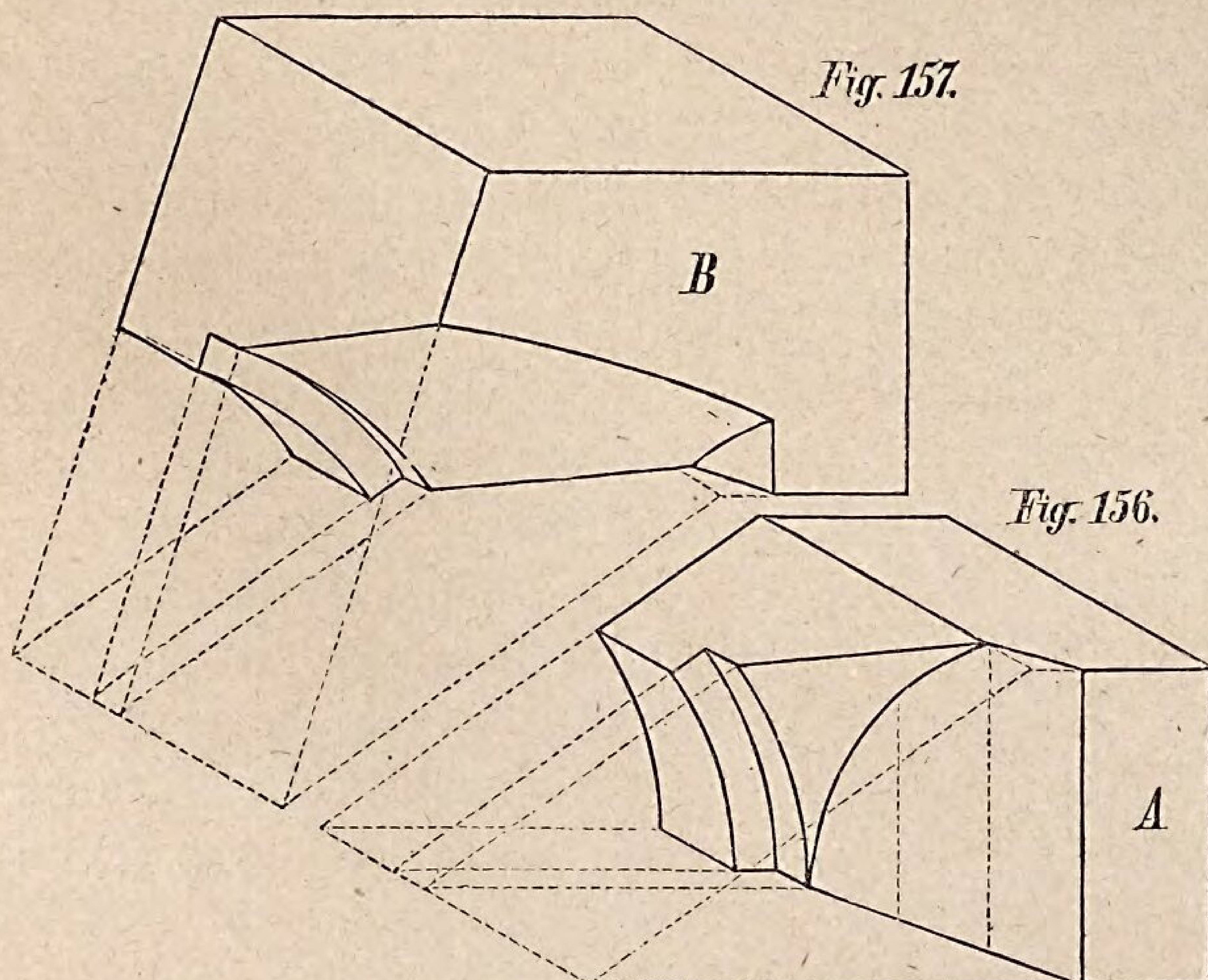


Fig. 157.

Fig. 156.

Hohlschablonen, welche die Durchschnitte der Hülfsebenen an der Wölbfläche darstellen, sind zur Bearbeitung der Steinflächen, welche Theile der Wölbfläche bilden sollen, durchaus nicht erforderlich; indem alle Schnitte an diesen Flächen, welche senkrecht gegen die Verticalebene und zugleich nach der Axe der Wölbung geführt werden, gerade Linien bilden. Wird das Richtscheit über die Bogenlinie des inneren Steinhauptes und die Bogenlinie, welche den Anschlag des Flügels bildet, so geführt, daß es bei der Fortbewegung immer gegen die Axe der Wölbung geneigt ist, so ist die darnach bearbeitete Fläche richtig, wenn das Richtscheit an die Fläche genau anschließt.

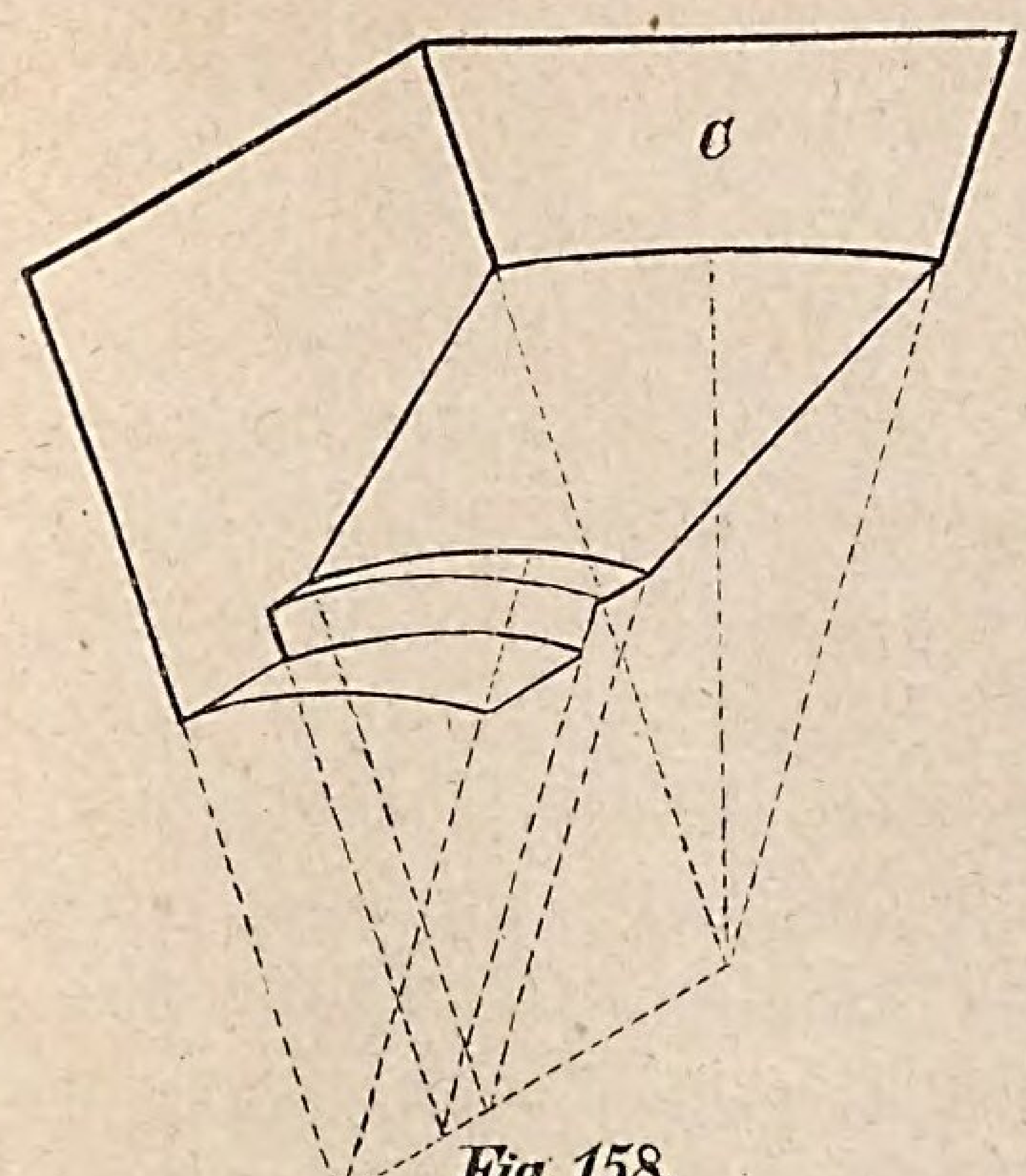


Fig. 158.

Aus dem Angeführten ist zu entnehmen, daß die Ausführung des Kernbogens, dessen sich nach innen erweiternde Wölbfläche durch eine

gesetzmäßige Fortbewegung gerader Linien erzeugt wird, mit viel weniger Schwierigkeiten verbunden ist, als die Ausführung des Kernbogens nach den Bedingungen, welche der Erzeugung der Wölbfläche nach dem vorhergehenden Beispiele zu Grunde gelegt sind. Bemerken müssen wir aber, daß der gedrückte Kreisbogen, welcher die innere Begrenzung des zuletzt beschriebenen Kernbogens bildet, nicht beliebig angenommen werden kann. Es muß in jedem einzelnen Falle vor der Bearbeitung untersucht werden, ob der Thor- oder Thürflügel bis zu seinem Anschluß an den Spiegel geöffnet werden kann. Die Untersuchung besteht einfach darin, daß man im Grundriß Fig. 154 an der verlängerten Mauerlinie den Mittelpunkt eines Kreisbogen anträgt, welcher denselben Halbmesser hat, wie der zu öffnende Flügel, und von diesem Mittelpunkte aus den Kreisbogen zieht. Befindet sich der Kreisbogen noch innerhalb des umgelegten Spiegels, so kann der Flügel geöffnet werden ohne an der Wölbfläche zu streifen; geht dagegen der Kreisbogen über die nach außen sich öffnende Curve der Schmiege hinaus, so steht die Wölbfläche dem Oeffnen des Flügels im Wege. Im letzteren Falle muß der innere gedrückte Kreisbogen um so viel flacher angenommen werden, daß der nach diesem flacheren Bogen herausgetragene Spiegel sich nach oben so erweitert, wie es erforderlich ist, um innerhalb desselben den Kreisbogen des Anschlages für den Flügel beschreiben zu können.

Da die erforderliche Höhe des Spiegels veränderlich ist, wie sich die Stärke der Mauer verändert, so ist es erklärlich, daß darüber nicht feste Regeln aufgestellt werden können, durch deren Anwendung die oben erwähnte Untersuchung zu umgehen wäre.

Nehmen wir an, daß anstatt des vorderen flachen Bogens eine gerade horizontale Linie angenommen, im Uebrigen aber beibehalten wird, daß die Erzeugung der Wölbfläche ganz nach denselben Bedingungen geschehe, wie bei dem zuletzt beschriebenen und in den Fig. 153 bis 158 dargestellten Kernbogen; so wird unter allen Umständen das Oeffnen der Thor- oder Thürflügel von der kreisförmigen Gestalt des Bogens, welcher demselben zum Anschlage dient, erfolgen können, ohne daß der Flügel die Wölbfläche in irgend einem Punkte schneidet.

Die Fig. 159 stellt die vordere Ansicht, Fig. 160 den Grundriß und Fig. 161 den senkrechten Querdurchschnitt eines Kernbogens dar, welcher in Bezug auf die Erzeugung der Wölbfläche den in dem vorher besprochenen Beispiele gestellten Bedingungen entspricht und sich von diesem nur darin unterscheidet, daß zur inneren Begrenzung der Wölb-

fläche statt des flachen Bogens eine gerade horizontale Linie angenommen ist. Die zum Heraustragen des Spiegels erforderlichen Durchschnitte der parallel mit der Verticalprojectionsebene angenommenen senkrechten Hülfsebenen in der Ansicht Fig. 159, deren Horizontalprojectionen im Grundriß Fig. 160 punktirt eingezeichnet sind, bilden keine

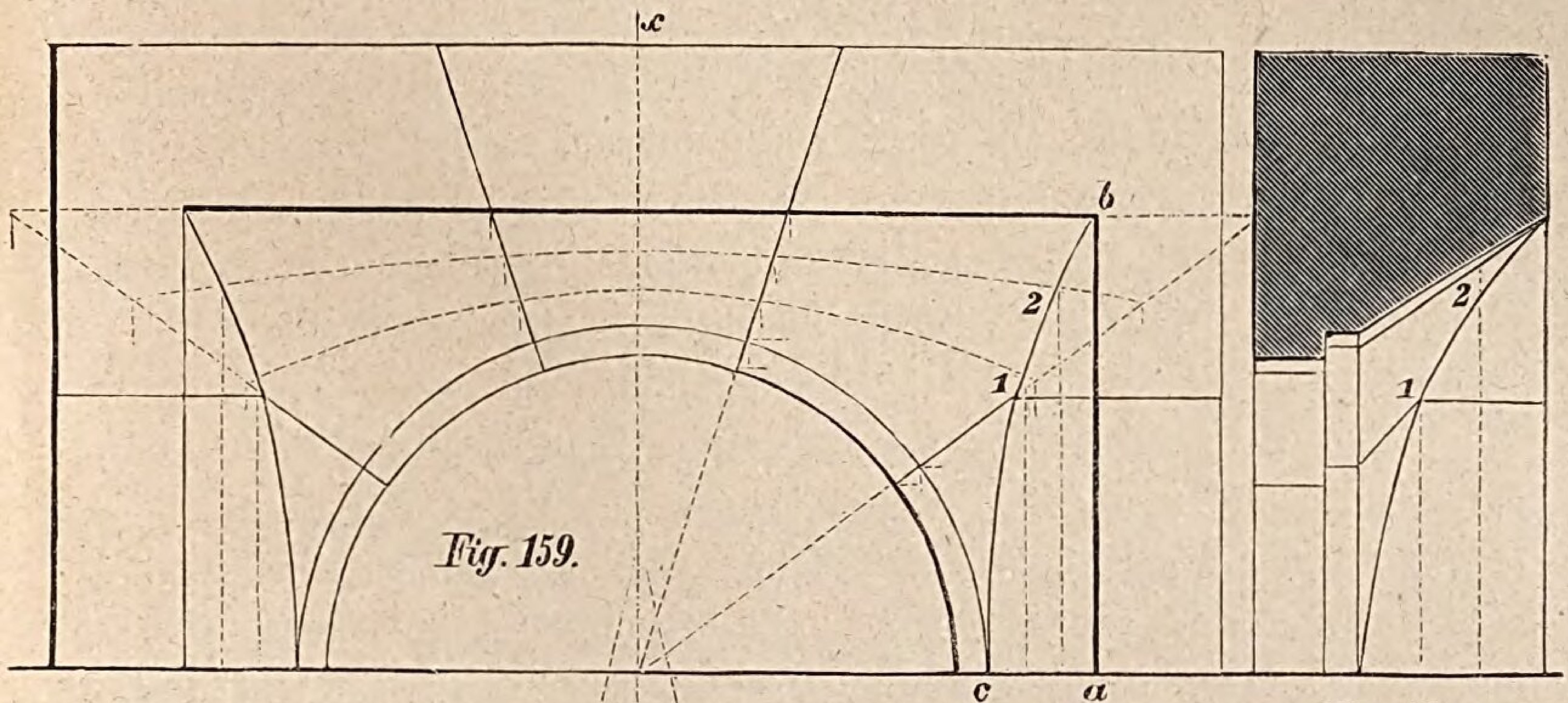


Fig. 159. Fig. 161.

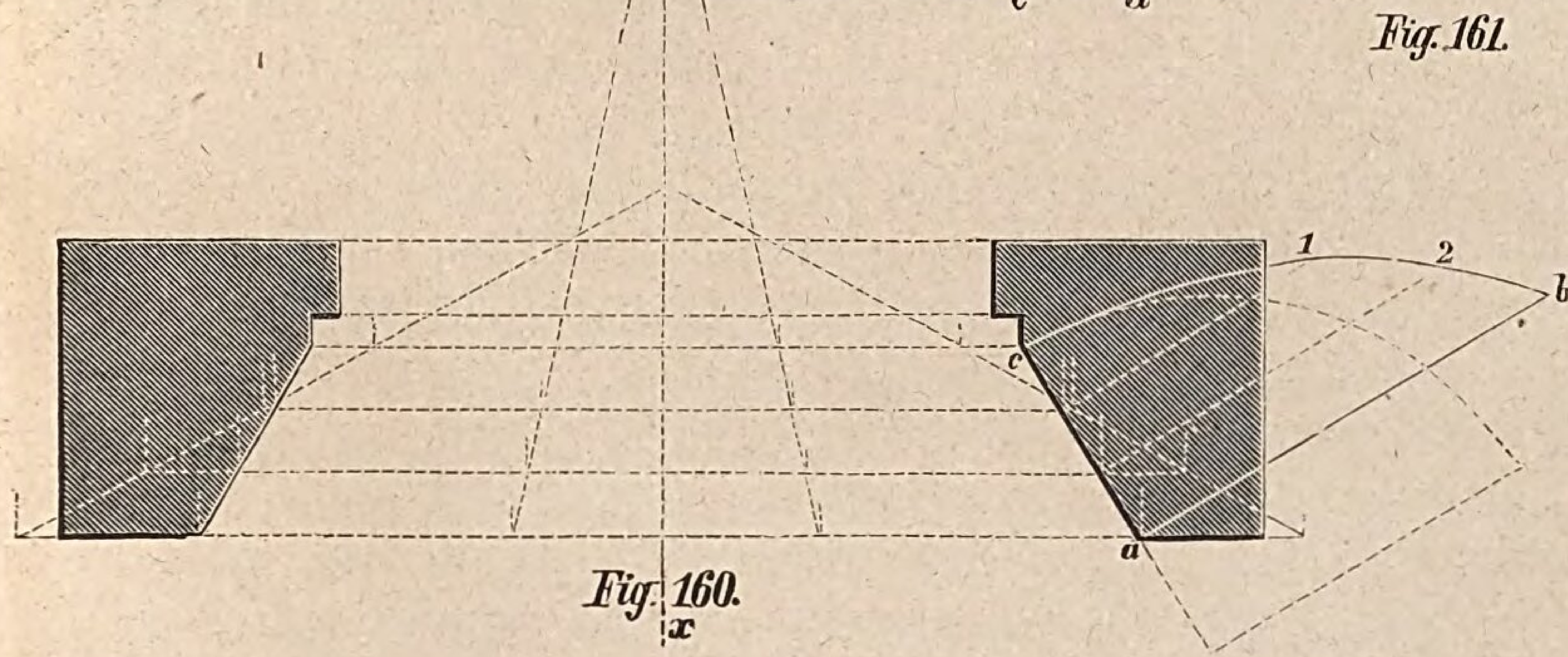


Fig. 160.

Kreisbogen, sondern sich nach unten öffnende krumme Linien. Die Punkte, über welche diese krummen Linien zu führen sind, werden wie in der vorhergehenden Aufgabe bestimmt. Es stimmt das Verfahren, sowohl in Bezug auf das Vorzeichnen der Musterrisse und Schablonen, als auch in Bezug auf die Bearbeitung der Wölbsteine so vollständig überein mit dem, was wir darüber in dem vorigen Beispiele mitzutheilen für nöthig erachtet haben, daß wir eine weitere Erläuterung der obigen Darstellungen des fraglichen Kernbogens glauben unterlassen zu können.

Siebenter Abschnitt.

Von den scheitrechten Bogen.

Wenn der obere Abschluß einer Mauerdurchbrechung horizontal und eben, und dabei aus mehreren Steinen zusammengesetzt ist, von denen nur zwei an den beiden Enden durch die Mauer unterstützt werden; so erhält er, zur Unterscheidung von dem horizontalen Abschluß einer Mauerdurchbrechung, welche nur aus einem einzigen Steine besteht und Sturz genannt wird, den Namen scheitrechter Bogen.

Der scheitrechte Bogen muß, wie jeder Mauerbogen aus einer ungeraden Anzahl von Wölbsteinen bestehen, und wegen der Regelmäßigkeit der Abbrettung erhalten die Wölbsteine an der horizontalen Leibung des Bogens eine gleiche Breite. Die Anzahl der Wölbsteine richtet sich nach der Breite der Oeffnung zwischen den Pfeilern und nach den Abmessungen der Hausteine, welche zur Herstellung des Bogens zu Gebote stehen.

Nehmen wir an, daß ein scheitrechter Bogen der auf denselben wirkenden Belastung nicht zu widerstehen im Stande sei, und von dem Schlußsteine abwärts eingebogen werde; so würden sich die Fugen der beiden Wölbsteine an dem Schlußsteine nach unten, die Fugen der beiden Wölbsteine aber, welche sich an die Widerlager schließen, nach oben öffnen, während die Lager der übrigen Wölbsteine zwischen den Bogenanfängern und auf beiden Seiten des Schlußsteines geschlossen blieben.

Hieraus folgt, daß man zur Sicherung der scheitrechten Bogen die Fugenschnitte von den Widerlagern aus gegen den Schlußstein verlängern muß, und daß man die Bogenanfänger durch horizontale Haken mit den angränzenden Mauerschichten in Verbindung zu bringen hat.

Die Richtung der Fugenschnitte kann auf sehr verschiedene Weise angeordnet werden.

Bei scheitrechten Bogen von geringer Spannweite und aus einer kleinen Anzahl von Wölbsteinen bestehend, wird allgemein die bei den übrigen Mauerbogen übliche Anordnung der Fugenschnitte beibehalten, nach welcher alle Fugenschnitte nach einem und demselben Punkte gerichtet sind, welcher bei dem scheitrechten Bogen in der durch die Mitte des Bogens geführten Senkrechten gelegen und die Spitze eines über

die horizontale Bogenleibung errichteten gleichseitigen Dreiecks ist. Der Centriwinkel des Bogens, welcher nach dieser Anordnung 60 Grade beträgt, kann ohne Beeinträchtigung der Festigkeit nicht kleiner angenommen werden.

Wir geben in den Fig. 162 und 163 zwei Beispiele von scheitrechten Bogen, deren Fugenschnitte nach dem Mittelpunkte eines Bogens von 60 Graden gerichtet sind.

Bei dem Bogen Fig. 162 ist die Höhe des Schlußsteins und der anderen Wölbsteine gleich und der Höhe von zwei Mauerschichten entsprechend so angenommen, daß die Leibung des Bogens mit der unteren Lagerfuge der Widerlager in einer Horizontalebene liegt. Die Wölbsteine haben an der Bogenleibung AB eine gleiche Breite und sind zur Vermeidung spitzer Winkel an der Leibungsfläche sowohl, als auch an der Lagerfuge der Widerlager, von dieser aus auf die gleiche Breite von 2 bis 3 Zoll, senkrecht geschnitten. Von den Punkten a, b, c, d, e und f der rechtwinkelig auf die Bogenleibung geführten Hakenschnitte, sind die Fugenschnitte der Wölbsteine auf den Mittelpunkt X eines Bogens von 60 Graden gerichtet und mit Ausnahme der Widerlagerfugen, auf die ganze Höhe des Bogens von b nach b′, von c nach c′ u. s. w. geführt. Die Widerlagerfugen sind nur auf die Höhe einer Mauerschichte von a nach a′, sowie von f nach f′ geführt, und es greifen die Bogenanfänger vermittelst horizontaler Haken von den Schnittpunkten a′ und f′ in die zweite Mauerschichte über und schließen sich vermittelst senkrechter Stoßfugen dem Verbande dieser Schicht an.

Bei dem Bogen Fig. 163 entspricht die Höhe des Schlußsteins und der zwei anschließenden Wölbsteine der Höhe von drei Mauerschichten und die Bogenanfänger haben nur die Höhe von zwei Mauerschichten. Von den wie in Fig. 162 rechtwinkelig gegen die Bogenleibung angebrachten Schnitten, sind die Fugenschnitte der Wölbsteine nach dem Mittelpunkte eines Bogens von 60 Graden, und zwar für die Widerlager von a nach a′ und von f nach f, auf die Höhe der ersten Mauerschicht; von b nach b′ und von e nach e′ auf die Höhe von zwei Mauerschichten; von c nach c′ und von d nach d′ aber auf die Höhe von drei Mauerschichten geführt.

Wie die Bogenanfänger von den Schnittpunkten a′ und f′ durch horizontale Haken in die zweite Mauerschichte übergreifen und durch senkrechte Stoßfugen sich dem Mauerverbande anschließen, so ist dieß auch bei den nächstfolgenden Wölbsteinen in Bezug auf deren Ueber-

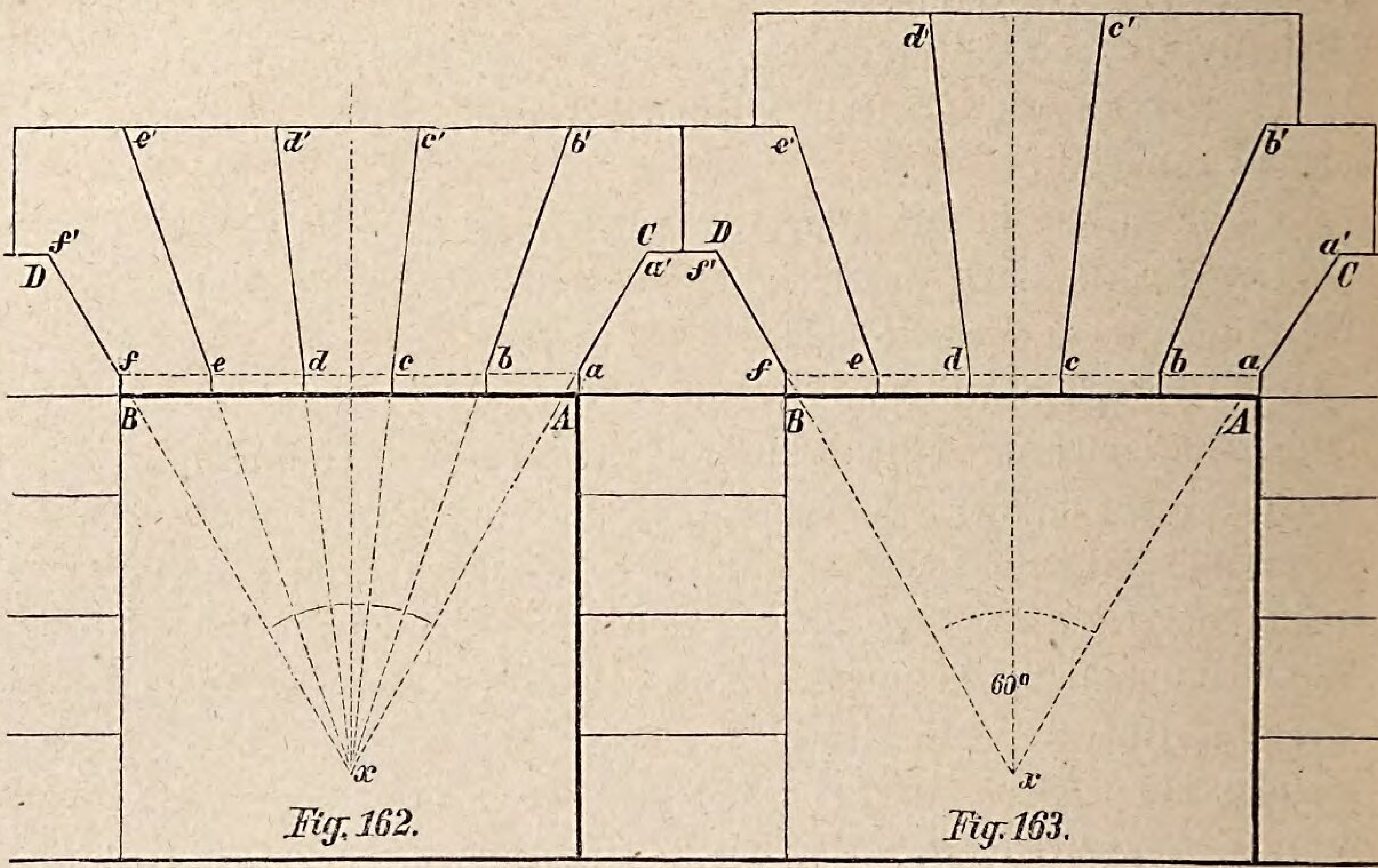


Fig. 162. Fig. 163.

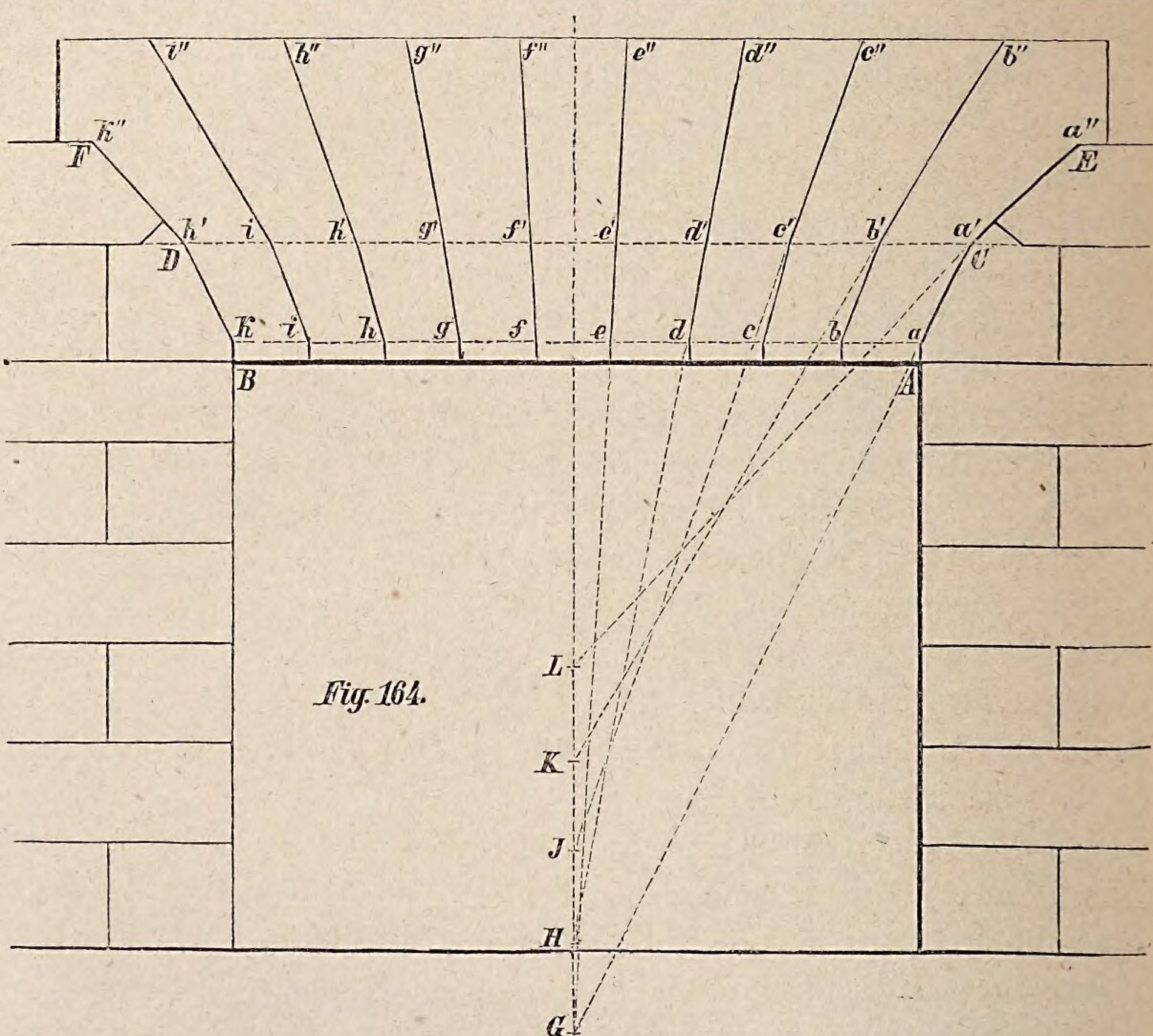


Fig. 164.

greifen in die dritte Mauerschicht von den Schnittpunkten b′ und e′ der Fall.

Es leuchtet ein, daß die Tragfähigkeit des Bogens Fig. 163 gegen die Tragfähigkeit des Bogens Fig. 162 nicht blos durch die größere Höhe des Schlußsteins vermehrt ist, sondern daß daran das Uebergreifen der Wölbsteine in die dritte Mauerschicht vermittelst der horizontalen Haken einen wesentlichen Antheil hat. Nehmen wir an, daß bei diesem scheitrechten Bogen dem Schlußstein eine Höhe gegeben würde, welche der Höhe von vier Mauerschichten entspräche, und es würde dieser Schlußstein von den Schnittpunkten c′ und d′ der centrischen Fugen noch vermittelst horizontaler Haken mit der vierten Mauerschicht in Verbindung gebracht; so würde dieß die vollkommenste Anordnung eines scheitrechten Bogens darstellen, welcher unter den gegebenen Verhältnissen der Spannweite und der Anzahl der Bogensteine gedacht werden kann; indem nach dieser Anordnung weder ein Oeffnen der Fugen, noch ein Abwärtsgleiten der einzelnen Wölbsteine ohne vorheriges Zertrümmern derselben möglich wäre.

Da nun aber bei größeren Spannweiten scheitrechter Bogen den einzelnen Steinen die, zu einem vollkommenen Verbande nach der vorgedachten Anordnung, erforderliche Höhe selten gegeben werden kann, vielmehr in der Regel die Höhe der Bogensteine eine beschränkte ist, welche bei größerer Anzahl derselben als in dem vorbemerkten Beispiele Fig. 163 oft nur die Höhe von zwei bis drei Mauerschichten beträgt; so sucht man durch andere den gegebenen Verhältnissen entsprechende Anordnungen die nöthige Festigkeit scheitrechter Bogen zu erlangen.

Wir geben in Fig. 164 ein Beispiel von einem scheitrechten Bogen, welcher bei einer Spannweite von neun gleich breiten Steinen in der Leibung, im Ganzen nur eine Höhe von drei Mauerschichten hat. Bei diesem Bogen sind die Fugen der Wölbsteine von den rechtwinkeligen Schnitten an der Leibung nur auf ein Drittheil seiner Höhe nach einem und demselben Punkte G geführt, von da an aber, nach oben sich erweiternd, nach den höher gelegenen Punkten H, J, K und L nach folgendem Verfahren gezogen.

Nachdem man die Leibung in neun gleiche Theile getheilt und durch die Theilungspunkte a, b, c, d, e, f, g, h, i, k zur Vermeidung der spitzen Winkel an der Leibung die senkrechten Schnitte bis zu der punktirt angegebenen mit AB parallelen Linie gezogen, so werden von diesen Schnitten bis zu der ebenfalls punktirt eingezeichneten Linie, welche

mit AB parallel und in einer Entfernung gezogen worden, welche mindestens der Höhe der ersten Mauerschichte des Widerlagers gleich ist, die Fugen aa', bb', cc, dd', ee', ff', gg', hh', ii' und kk' nach dem gemeinsamen Mittelpunkte G, welcher unter Umständen tiefer als der Mittelpunkt eines Bogens von 60 Graden gelegen sein kann, geführt. Hierauf nimmt man den Punkt L beliebig, und zwar in der Regel um die halbe Spannweite AB des Bogens höher als G gelegen an, von welchem aus die Fugen a'a'' und k'k'' der Widerlager bis zur dritten Mauerschicht gezogen werden. Die Entfernung LG theilt man nun in so viele gleiche Theile — hier vier — als Steine zwischen einem Widerlager und dem Schlußsteine sind, und zieht von k' die Fugen b'b'' und i'i''; von J die Fugen c'c'' und h'h''; von H die Fugen d'd'' und g'g'' und durch G die Fugen e'e'' und f'f'' des Schlußsteins, welche gleichförmig und eben sind und in ihrer Richtung dem gemeinsamen Mittelpunkte des Fugenschnittes von dem unteren Theile des Bogens mit doppelten Fugen entsprechen.

Es sei hier ein- für allemal bemerkt, daß bei allen Bogen, mag die Anordnung des Fugenschnittes für die übrigen Wölbsteine gebogene oder gebrochene Fugen vorschreiben, die Fugen der Schlußsteine gleichförmig und eben sein müssen. Denn in der Ausführung wird die Oeffnung, welche nach dem Versetzen der Steine für den Schlußstein frei bleibt, niemals genau der Form entsprechen, welche der Schlußstein nach dem Constructions- oder Musterriß haben soll. Man ist deßhalb genöthigt, das Maaß des Schlußsteins erst genau an Ort und Stelle zu nehmen, wenn die übrigen Bogensteine versetzt sind; und da er genau an seine Stelle passen und zum festen Anschließen aller Bogensteine in die Oeffnung eingetrieben werden muß; so würde ein genaues Bearbeiten und ebenso ein Eintreiben bis zum festen Anschluß aller Steinfugen des Bogens nicht zu erreichen sein, wenn die Fugen nicht gleichförmig und eben wären.

Damit die in unserem Beispiele Fig. 164 über zwei Mauerschichten geführten gebogenen Fugen der Widerlager aa'a'' und kk'k'' die horizontalen Lagerfugen der zweiten Mauerschicht nicht in spitzen Winkeln schneiden, erhalten die Widerlagersteine dieser beiden Schichten einwärts gerichtete Haken, welche rechtwinkelig auf die oberen Fugenschnitte a'a'' und k'k'' geführt werden. Die Bogenanfänger bilden zugleich Hakensteine.

Dem vorher angeführten Beispiele eines scheitrechten Bogens mit sogenannten doppelten Fugen lassen wir in der Fig. 165 ein zweites

nachfolgen, bei welchem die gebogenen Fugen nur nach zwei verschiedenen Mittelpunkten geführt werden. Bei dem unteren Theil des Bogens werden die Fugen von den rechtwinkeligen Schnitten an der Leibung nach dem Mittelpunkte G eines Bogens von 60 Graden soweit geführt, bis sie ein aus dem Mittelpunkte über die Schnittpunkte k und k′ der ersten Mauerschichte mit den Fugen der Widerlager beschriebenes Segment schneiden. Von diesen Schnittpunkten werden nun nach einem beliebig anzunehmenden Punkte H, welcher mindestens um $^1/_4$ der Bogenweite senkrecht über dem Mittelpunkte G gelegen ist, die Schnittfugen

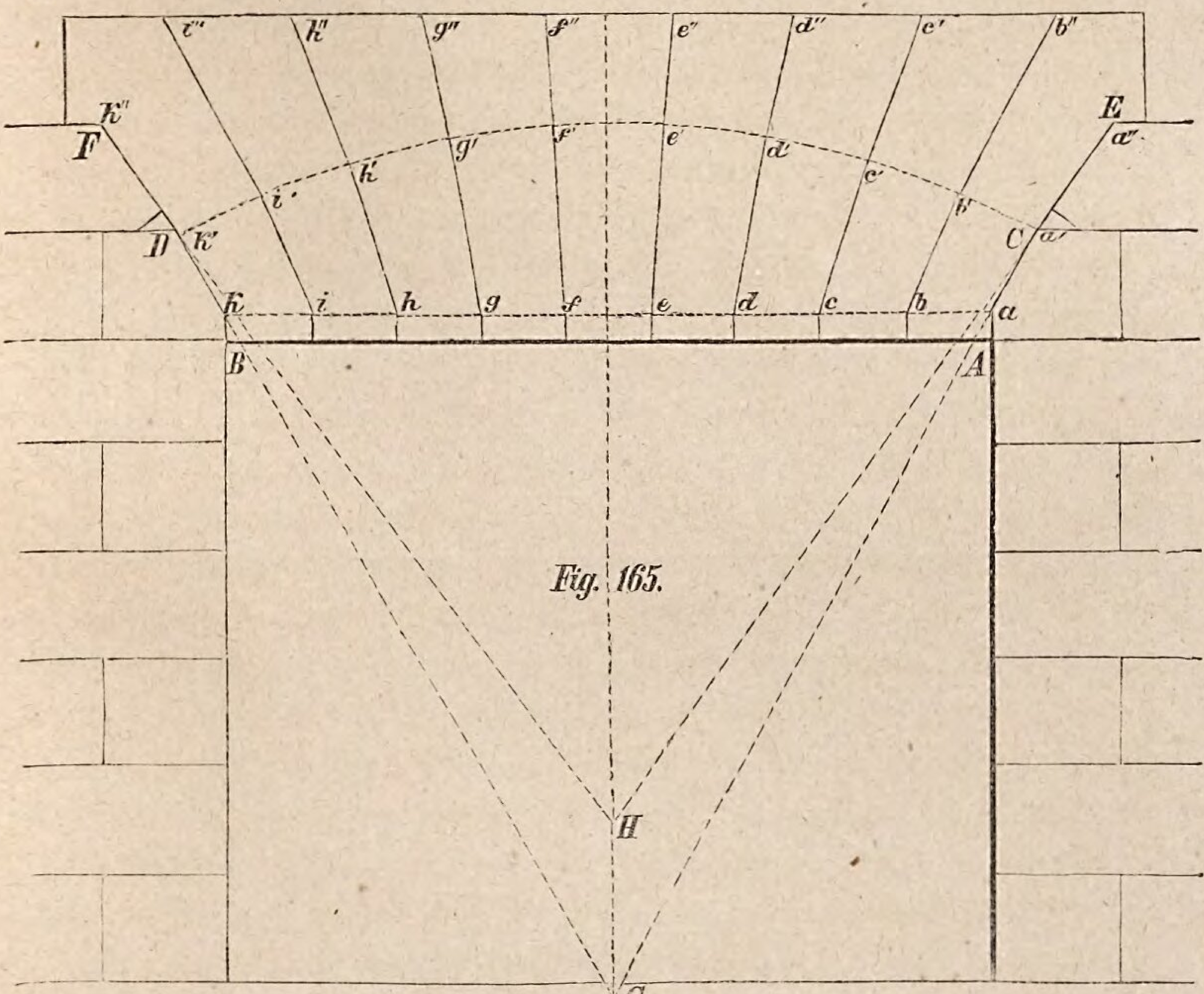


Fig. 165.

für den oberen Theil des Bogens geführt. Die Fugen der Widerlager sind, wie in dem vorhergehenden Beispiele, nur über die zwei ersten Mauerschichten gezogen, und die Bogenanfänger, welche wie die übrigen Bogensteine auf die Höhe von drei Mauerschichten angenommen sind, bilden Hakensteine.

Die in den letztbesprochenen Beispielen angeführte Anordnung von doppelten Fugenschnitten mit Hakenverband bei den Bogenanfängern, kann in den Fällen, wo es nicht möglich ist, die Fugen gegen den Schlußstein höher als an den Widerlagern zu führen, keine Anwendung finden.

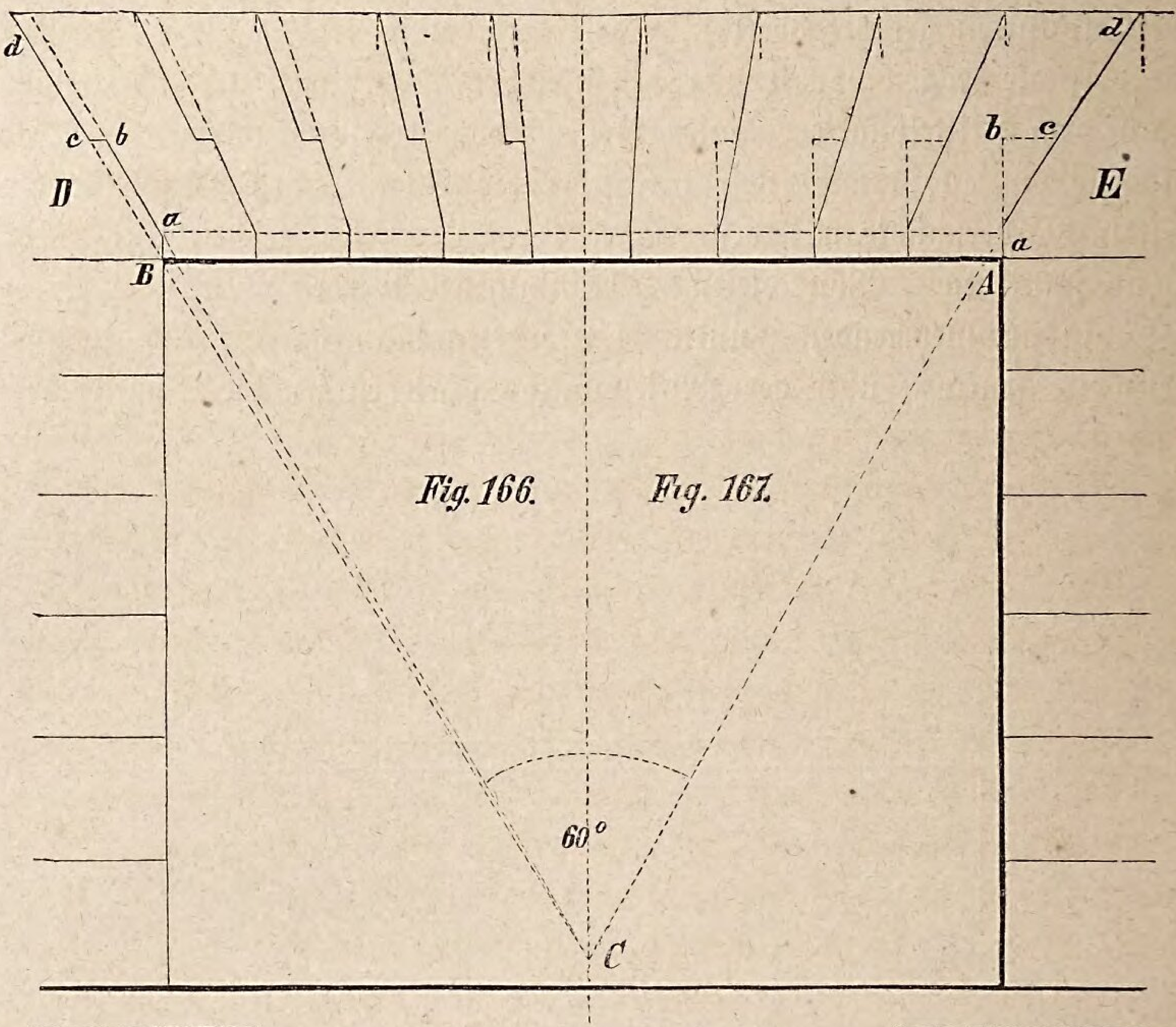


Fig. 166. Fig. 167.

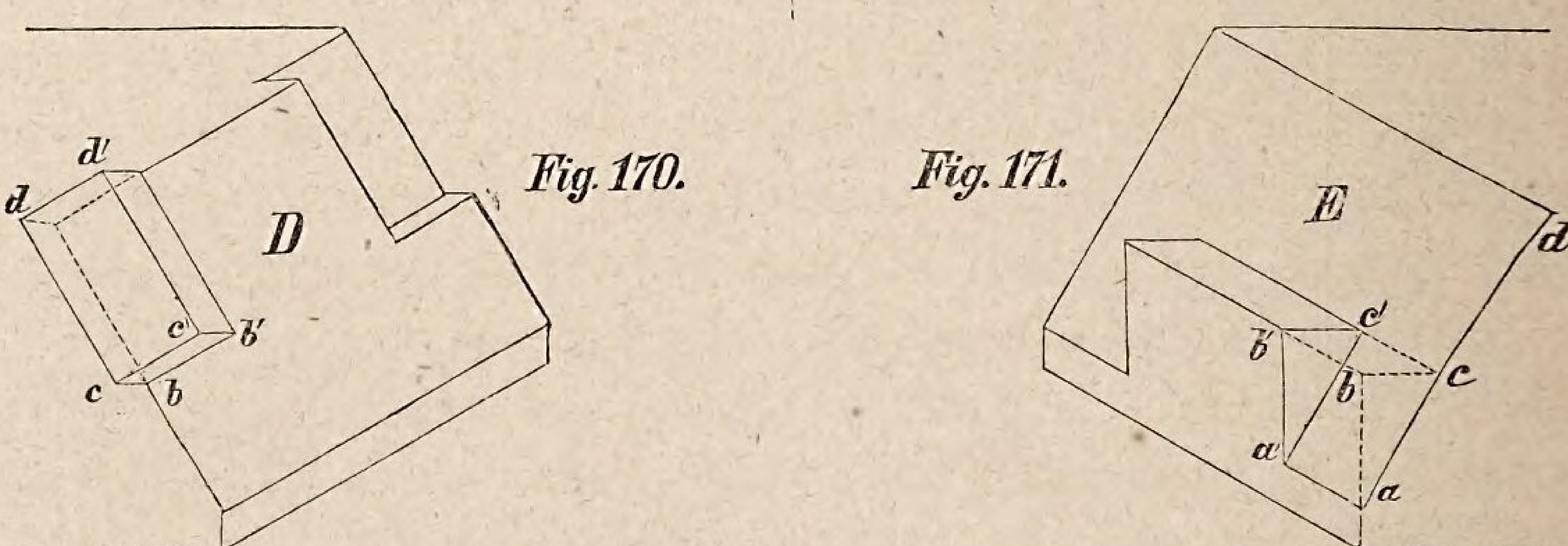
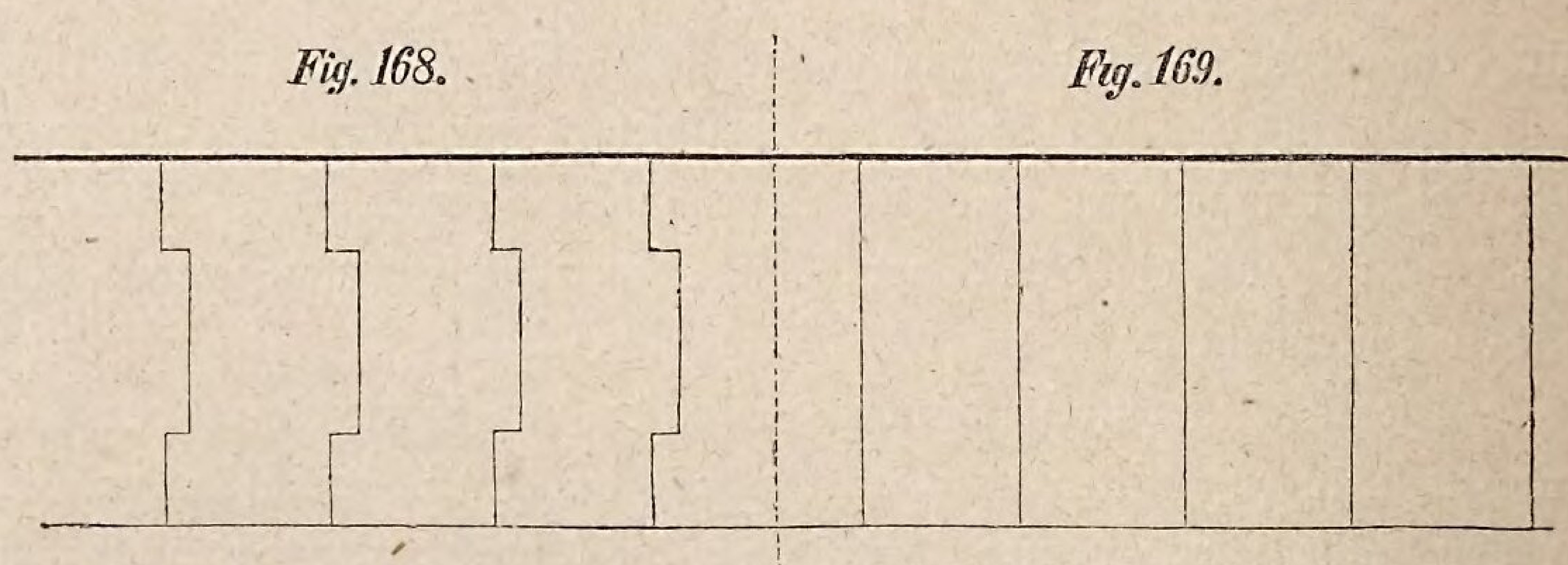


Fig. 170. Fig. 171.

Fig. 168. Fig. 169.



Wir geben in den Fig. 166 und 167 zwei Beispiele von scheitrechten Bogen, deren Wölbsteine eine gleiche Höhe haben, bei welchen an die Stelle des Höherführens der Fugen gegen den Schlußstein hin, die Festigkeit der Bogen durch ein Ineinandergreifen der Wölbsteine der Art gewahrt ist, daß jeder einzelne Stein außer seinem Anschluß vermittelst der nach einer und derselben Axe geführten Lagerfugen, auf dem vorher versetzten Steine eine horizontale Auflage erhält.

Es ist angenommen, daß die Entfernung zwischen der Bogenleibung AB und der Parallelen dd die größte Höhe sei, welche den Bogen gegeben werden kann.

Die Fig. 166 stellt die Anordnung eines Fugenschnittes aus ineinandergreifenden Steinen dar, welche man mit dem Namen der Bogenconstruction mit Verkröpfungen bezeichnet. Man zieht, nachdem die rechtwinkeligen Schnitte der Wölbsteine an der Bogenleibung vorgezeichnet sind, in gleicher Entfernung von AB und dd eine Horizontale, und führt bis zu dieser, von der Spitze C eines über AB errichteten gleichseitigen Dreiecks aus, über die Oberkanten der winkelrechten Fugenschnitte die centrischen Fugen, wobei man an der Oberkante dd die Punkte bezeichnet, wo diese verlängert dieselben schneiden. Hierauf trägt man auf die horizontale Mittellinie, von den Schnittpunkten der centrischen Fugen, und zwar vom Schlußsteine abwärts gegen die beiden Widerlager in gleichen Abmessungen, welche höchstens den achten Theil der Bogenhöhe betragen, weitere Schnittpunkte an, von denen aus die zweiten Fugen bis zur Oberkante dd, und zwar ebenfalls von dem Punkte C aus, gezogen werden. Nach den außen sichtbaren verkröpften Fugen werden die Bogensteine, sowie die Widerlager von den beiden Häuptern des Bogens aus bis auf den vierten Theil der Breite der Bogensteine bearbeitet, während im Inneren diese Steine auf die Hälfte ihrer Breite ohne die äußere Verkröpfung nach der Richtung der über die oberen Schnittpunkte der rechtwinkelig gegen die Leibung angebrachten Schnitte geführten Fugen auf ihre ganze Höhe bearbeitet werden.

Aus dem Grundrisse Fig. 168 und dem perspectivisch dargestellten Widerlager Fig. 170 wird diese Bogenconstruction mit Verkröpfungen mit genügender Deutlichkeit zu ersehen sein.

Die Fig. 167 stellt die Anordnung eines Fugenschnittes für einen scheitrechten Bogen von denselben Dimensionen, wie in dem vorherbesprochenen Beispiele dar, bei welchem die Fugen außen ohne Verkröpfung nach dem Punkte C geführt sind, nach Innen aber ist eine Zusammen-

setzung der Bogensteine mit Spunten und Zapfen angebracht. Die Spunten und Zapfen, welche von der Bogenleibung senkrecht bis zur halben Bogenhöhe und von da horizontal bis zu den centrischen Fugen geführt werden, machen wie die Verkröpfungen im vorherbesprochenen Beispiele die halbe Mauerdicke aus. Das in Fig. 171 perspectivisch dargestellte Widerlager zeigt den angearbeiteten Zapfen dieses Steines, zu welchem in das anschließende Lager des Bogenanfängers die entsprechende Nuth ausgearbeitet werden muß. Auf der dem Schlusse zugewendeten Lagerseite des Anfängers befindet sich der Zapfen auf welchem der nächstfolgende Bogenstein vermittelst der entsprechenden Nuth ruht, und ebenso werden die darauf folgenden Steine durch Zapfen und Nuthe untereinander verbunden, mit Ausnahme des Schlußsteins, welcher gleichförmige und ebene Lagerfugen erhält. Wie aus dem Grundrisse Fig. 169 zu ersehen, erscheinen die rechtwinkeligen Fugenschnitte wie an den Häuptern ohne Verkröpfungen, und es ist die innere Zusammensetzung durch Zapfen und Nuthe an keiner der Außenseiten zu bemerken.

Nachdem wir für die Anordnung der Fugenschnitte scheitrechter Bogen die üblichen Verfahrungsarten mitgetheilt haben, erscheint es uns überflüssig, in Bezug auf die verschiedenen Mauern, bei welchen scheitrechte Bogen vorkommen können, noch besondere Beispiele den bereits in dem Abschnitte „über die Mauerbogen" zur Sprache gebrachten hinzuzufügen, indem das Heraustragen der Schablonen, sowie die hiernach vorzunehmende Bearbeitung der Steine, bei den scheitrechten Bogen weniger Schwierigkeit darbietet, als dieß bei den übrigen Mauerbogen der Fall ist.

Wir beschränken uns darauf, in den Fig. 172 bis 175 einen scheitrechten Bogen über einer Thür- oder Fensteröffnung zu geben, bei welchem die rechtwinkelige Leibung ab gegen das äußere Mauerhaupt, nach innen ein Anschlag bc mit dem Falze cd, und das nach innen erweiterte Geläuffe de, wie dieß an den Pfeilern im Grundrisse Fig. 173 angegeben auch an den Bogensteinen fortgeführt sind, so daß der senkrechte Schnitt des Bogens genau dem horizontalen Schnitte der Pfeiler entspricht.

Die Fugen der Bogensteine sind von der Leibung auf die Breite des Anschlags bc im rechten Winkel und von da nach dem gemeinsamen Mittelpunkte x eines Bogens von 60 Graden geführt. Zur Bearbeitung der Steine ist nur das Heraustragen der Stirnschablonen nach dem Musterrisse Fig. 172 erforderlich, nach welchem die Lagerfugen be-

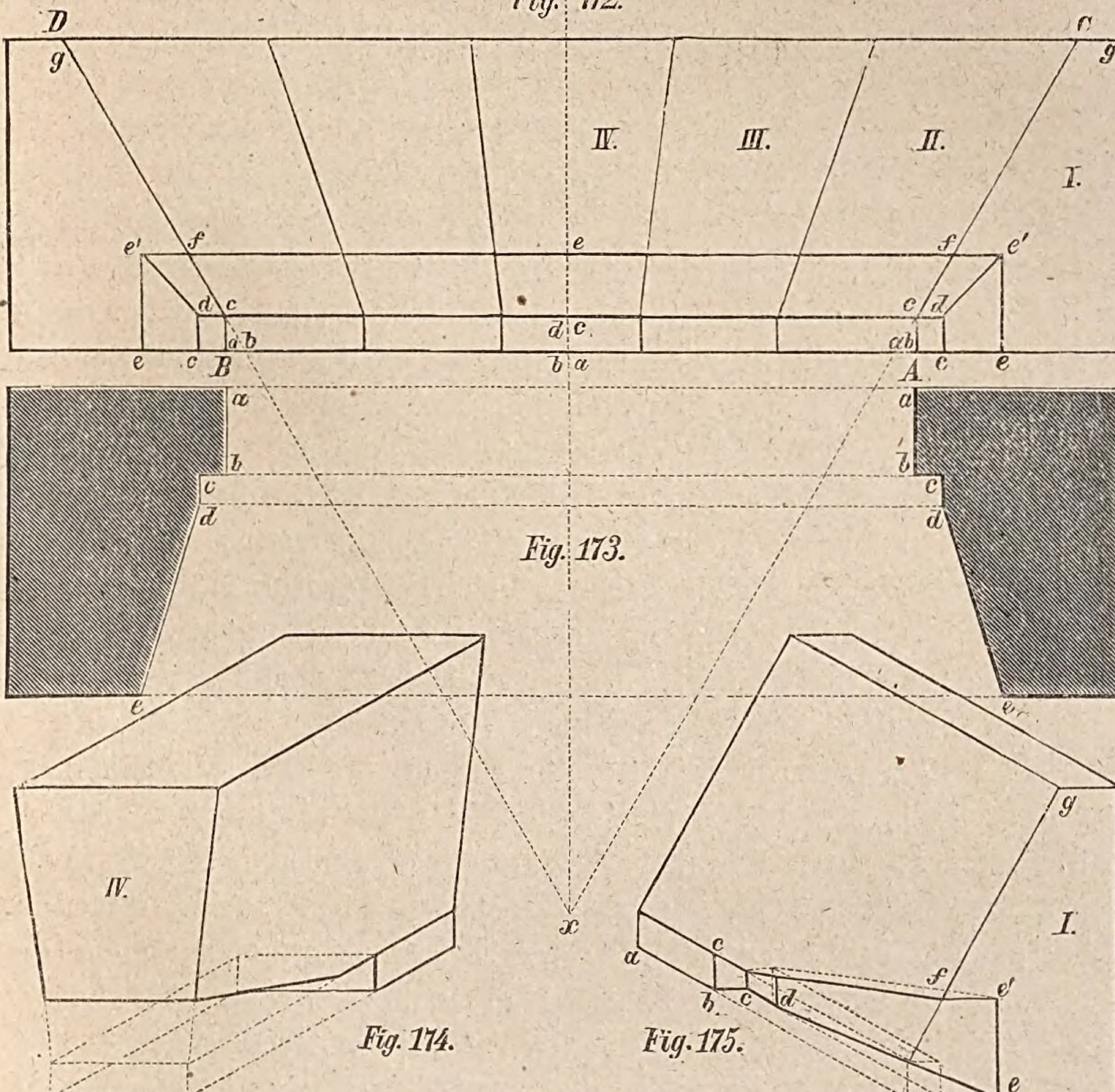


Fig. 172. Fig. 173. Fig. 174. Fig. 175.

arbeitet und an diese sodann die Schnittlinien für die weitere Bearbeitung der unteren Flächen, welche das Geläuffe, den Falz und den Anschlag bilden, vorgerissen werden. Wir haben in Fig. 174 den Schlußstein IV. und in Fig. 175 den Anfänger I. des Bogens in perspectivischer Zeichnung dargestellt und dabei diejenigen Theile, welche bei der ersten Bearbeitung stehen bleiben und erst durch die zweite Bearbeitung entfernt werden, punktirt angegeben.

Achter Abschnitt.

Von den Nischenbogen und Trompen.

Kommen in irgend einer Mauer Ausschnitte im Halbkreis oder nach einer beliebigen krummen Linie im Grundriß gebildet vor, welche oberhalb durch einen sphärischen oder sphäroidischen Bogen abgeschlossen werden; so begreift man sowohl die Ausschnitte der Mauer im Ganzen, als auch die zur Ueberdeckung der Ausschnitte in Anwendung kommenden Mauerbogen für sich unter dem Namen Nische. Da nun aber auch durch cylindrische Mauern begrenzte Ausbauten vorkommen, welche durch sphärische, sphäroidische oder ellipsoidische Halbgewölbe oberhalb abgeschlossen, ebenfalls Nischen genannt werden; so halten wir es zur Unterscheidung für zweckmäßig, die sphärischen Abschlüsse von Mauerausschnitten als Nischenbogen zu bezeichnen.

Das Nischengewölbe besteht aus horizontalen Schichten; der Nischenbogen dagegen muß zur Erhaltung seiner Festigkeit aus geneigten Schichten bestehen, deren Fugen sich in einem gemeinsamen Mittelpunkte schneiden. Die Wölbfläche eines Nieschenbogens wird dadurch entstanden gedacht, daß die halbe Fläche des Mauerausschnittes in der Horizontalebene des Bogenanfängers um die Halbirungslinie der Fläche als Drehaxe im Halbkreis bewegt wird. Dieser Annahme entsprechend, werden die Schnitte senkrechter und zugleich rechtwinkeltg gegen die Axe geführt werdender Ebenen an der Wölbfläche der Bogen Halbkreise bilden, mag der Mauerausschnitt in horizontaler Richtung aus einem Kreisbogen, einer Elypse oder irgend einer anderen krummen Lienie bestehen.

Nehmen wir nach Fig. 178, welche den Grundriß einer geraden Mauer darstellt, an, daß der halbkreisförmige Mauerausschnitt ABC mit einem Bogen überdeckt werde, dessen Wölbfläche aus der halbkreisförmigen Bewegung der halben Schnittlänge BCD um die horizontale Axe CD gebildet sei. Theilt man nun den Kreisbogen Fig. 176, welcher die Vertikalprojection des kugelförmigen Bogens darstellt, in die gleich großen Theile BE, EF, FG, GH und HA und zieht von diesen Theilungspunkten gerade Linien nach dessen Mittelpunkt D; so stellen diese Lienien die Fugenschnitte der Gewölbsteine dar. Da nun aber die

Fugenschnitte, bis zu dem Mittelpunkte D verlängert, spitze Winkel bilden würden, so stumpft man die Steine in der Nähe des Mittelpunktes nach einem Vertikalkreise ab, dessen Halbmesser Da mindestens die Hälfte der Steinbreite BE an dem Nischenbogen beträgt. Der durch diese Abstumpfung entstehende cylindrische Raum wird durch einen Stein ausgefüllt, welcher das Auge des Nischenbogens genannt wird. Durch

Fig. 176.

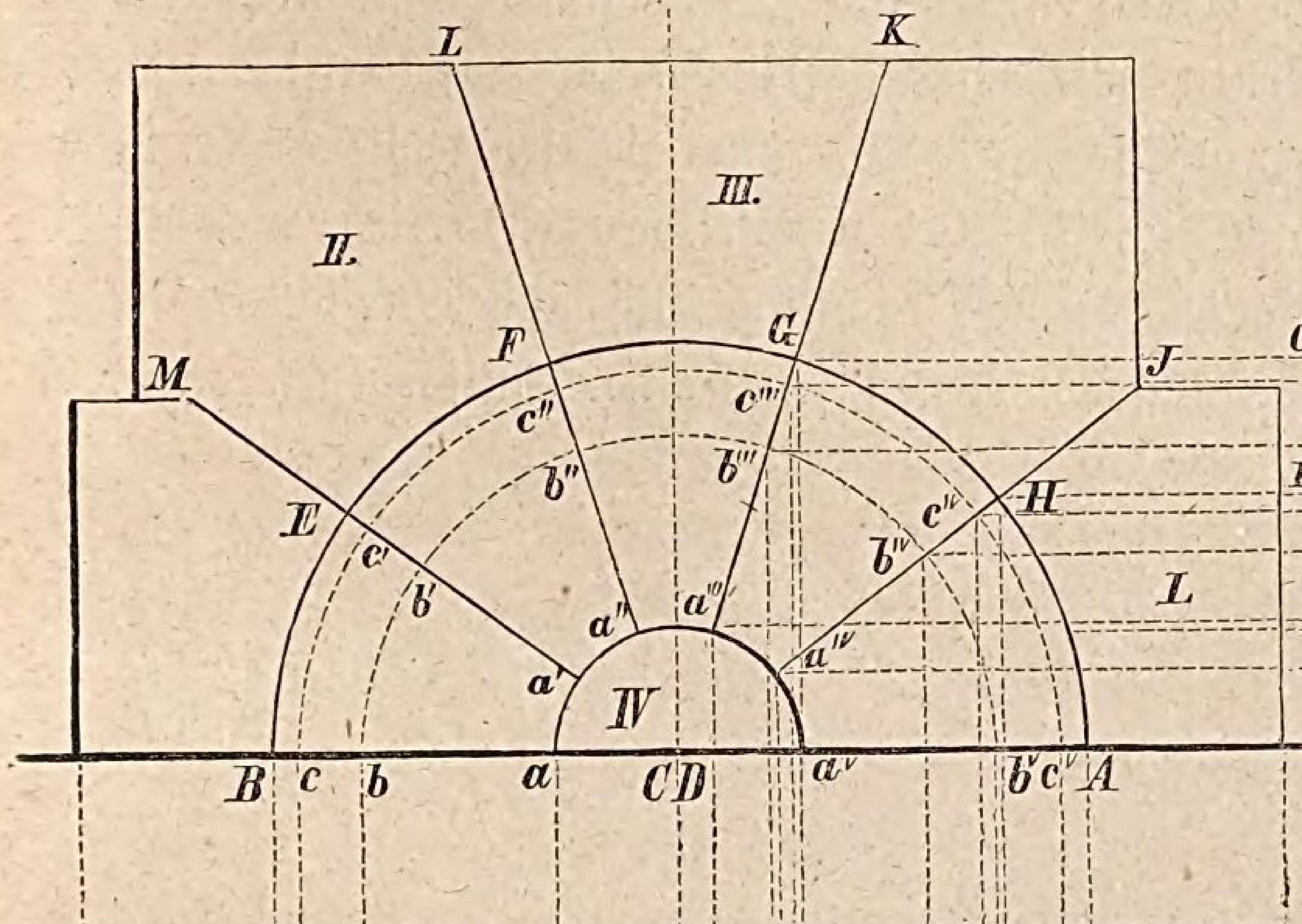
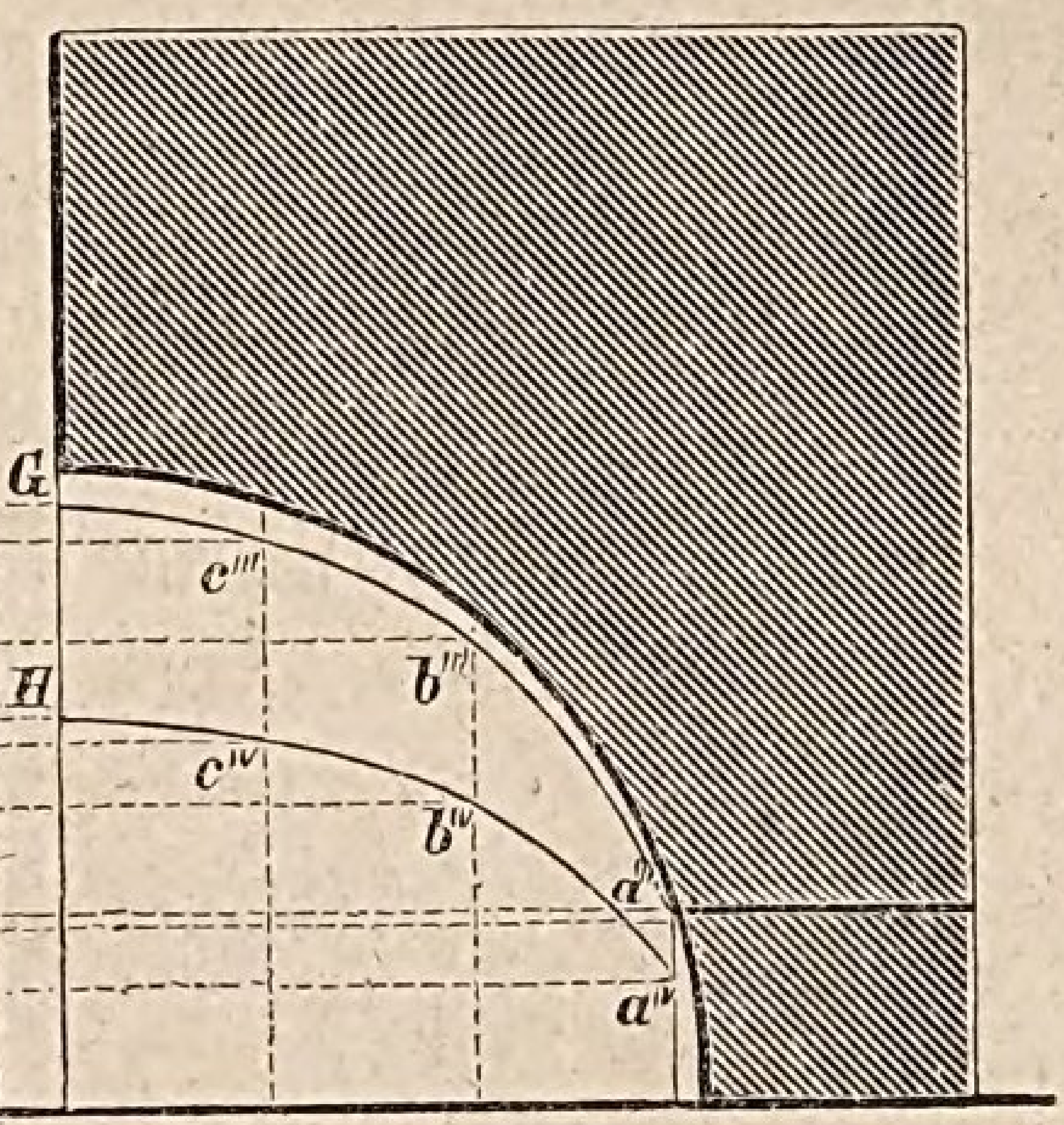


Fig. 177.



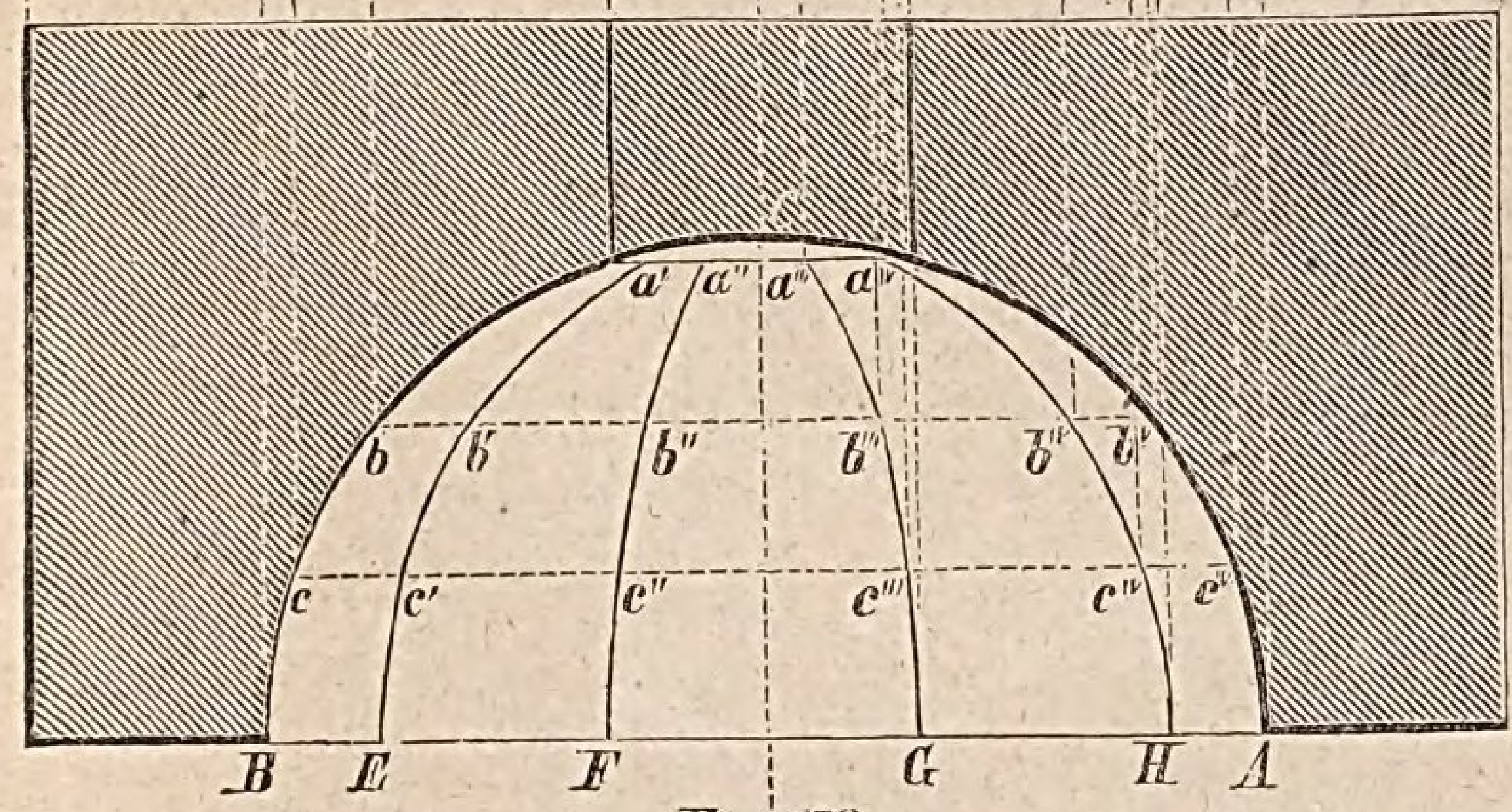


Fig. 178.

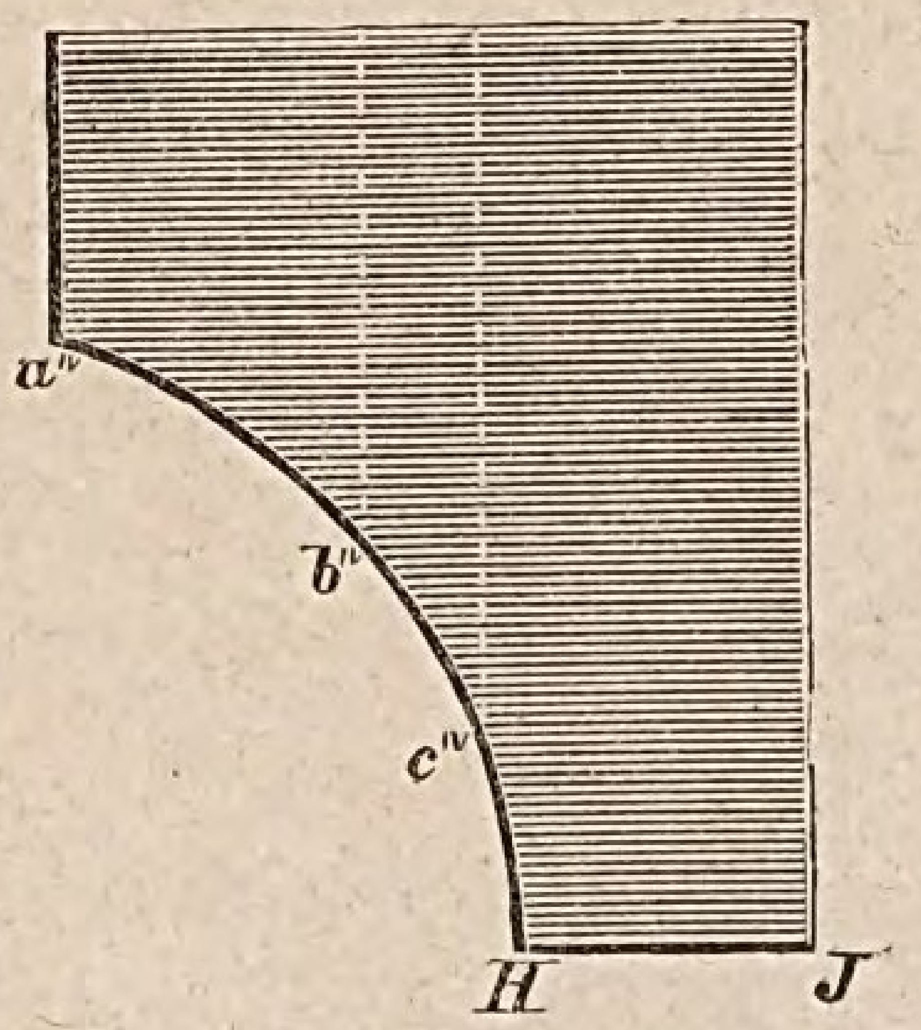


Fig. 179.

die Verlängerung der über die Theilungspunkte E, F, G und H geführten Fugen bis zu den horizontalen Fugen der anschließenden Mauerschichten wird der Musterriß Fig. 176 vollendet. Dabei können die von den Schnittpunkten I und M senkrecht geschnittenen Wölbsteine auch als Hakensteine gebildet werden.

Es leuchtet ein, daß die Chablonen, welche zur Verzeichnung der Kanten der Steine an der Wölbfläche dienen, unter sich gleich und Theile des im Grundriße für den Mauerausschnitt angenommenen Kreisbogens ABC sind. Es können sonach an den sämmtlichen, nach

ihren entsprechenden Kopfschablonen, welche von dem Musterriße Fig. 176. herausgetragen werden, bearbeiteten Wölbsteinen die Kanten der Bogenflächen nach einer und derselben Chablone, welche in Fig. 179. für die Lagerfuge des Bogenanfängers gegeben ist, vorgezeichnet werden.

Denken wir uns den Nischenbogen durch senkrechte und parallel mit der Mauerlinie AB im Grundriß Fig. 178 geführte Ebenen geschnitten; so werden die Durchschnittslinien dieser Ebenen an der Wölbfläche Fig. 176 ebenfalls Kreisbogen sein. Wie aus den Schnittpunkten dieser senkrechten Ebenen mit den Lagerfugen im Aufriß Fig. 176 die Fugenschnitte im Grundriße Fig. 178 und im senkrechten Durchschnitte des Nischenbogens Fig. 177 verzeichnet werden, wird aus den Zeichnungen ohne weitere Erklärung ersichtlich sein, außerdem aber dienen die Schnittlinien der angenommenen senkrechten Hülfsebenen dazu,

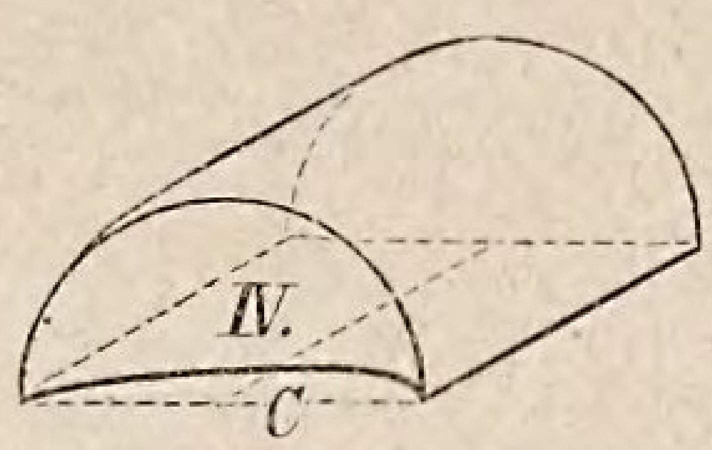


Fig. 180.

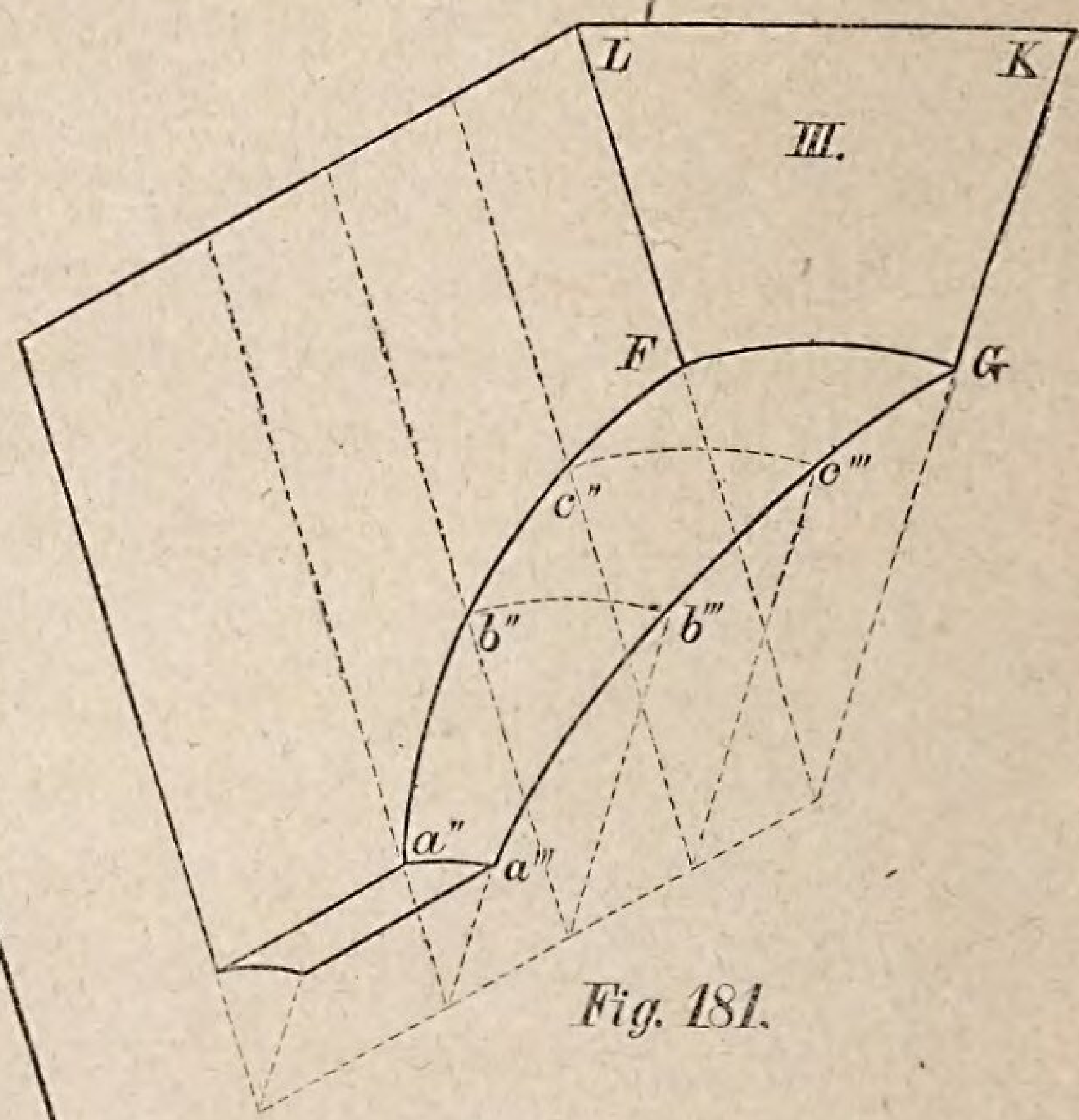


Fig. 181.

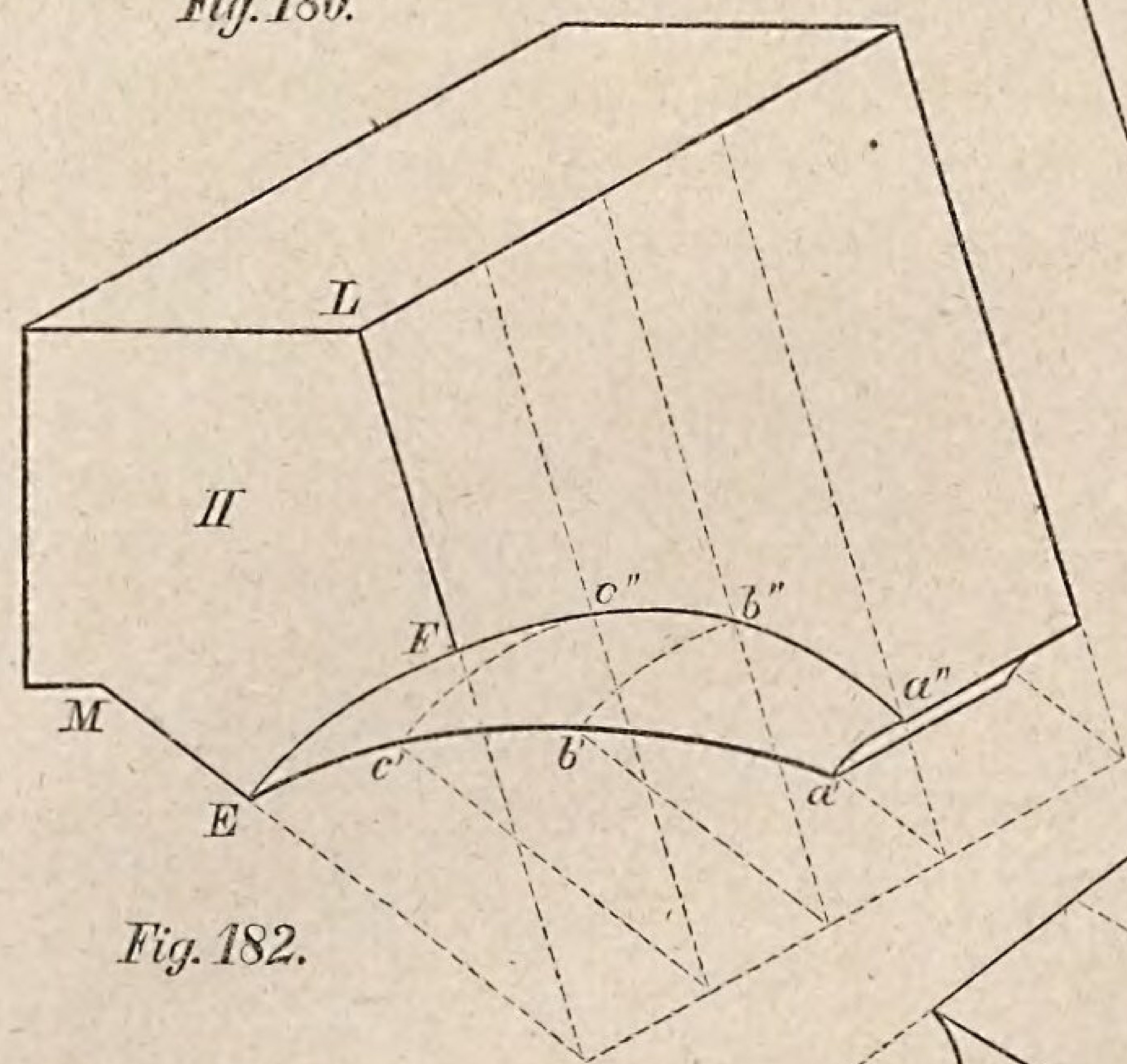
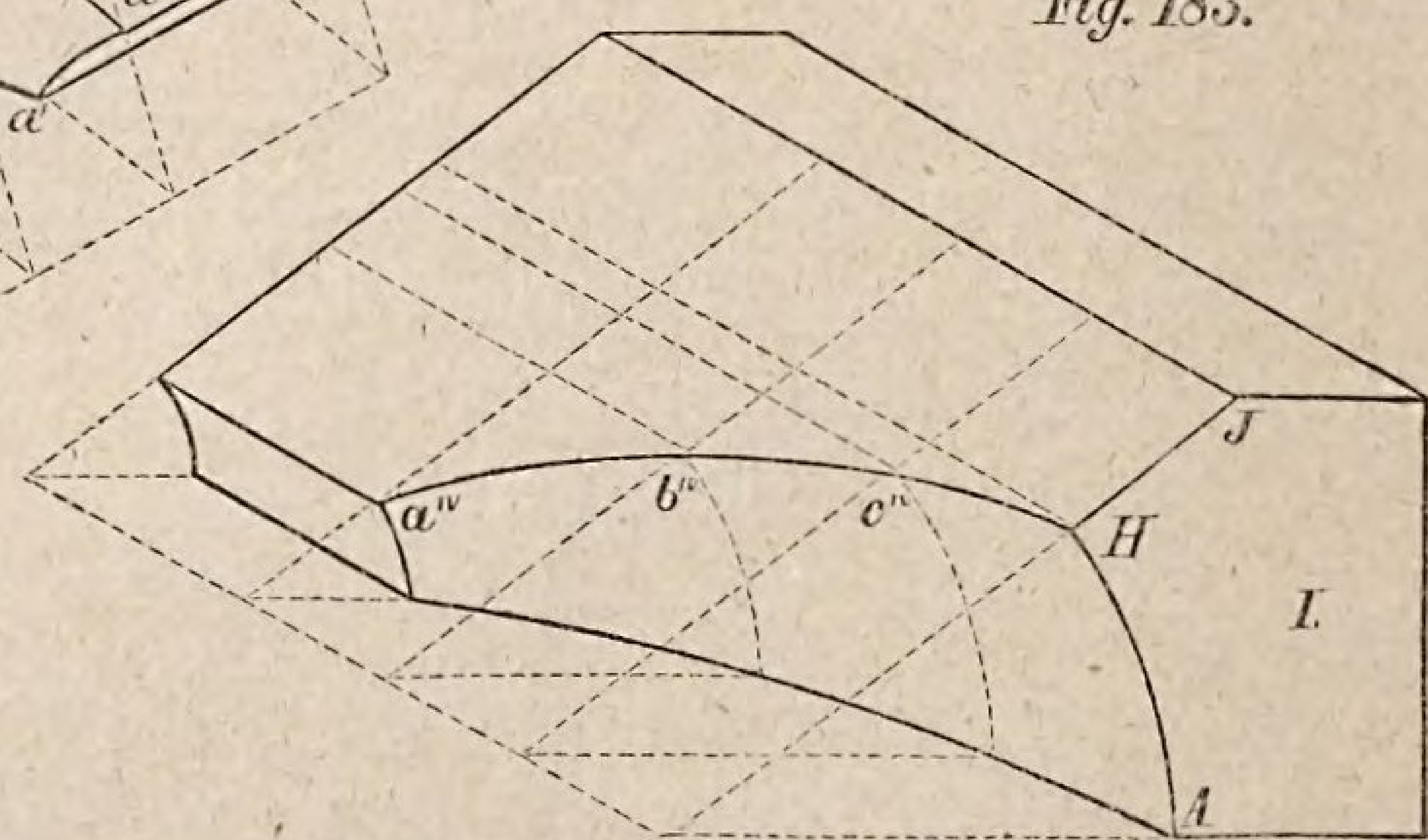


Fig. 182.

Fig. 183.



um nach den an den Lagerschablonen verzeichneten Schnittpunkten derselben bei der Bearbeitung des den Bogensteinen zugehörigen Theils der sphärischen Bogenfläche Hohlschablonen anlegen zu können, welche nach den Kreisbogen der senkrechten Durchschnitte herausgetragen werden.

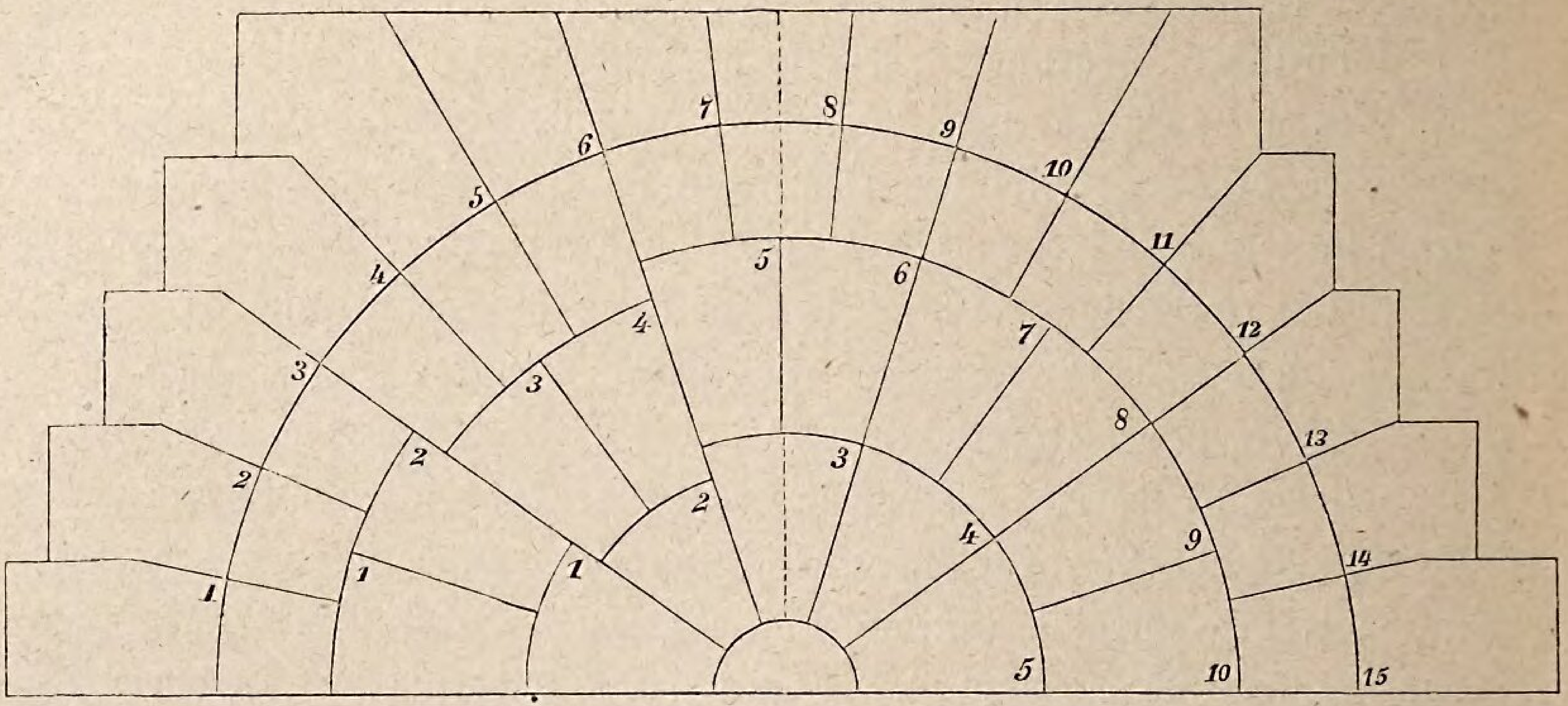
Bei der perspectivischen Darstellung der einzelnen Wölbsteine in den Figuren 180 bis 183 sind die zum Heraustragen und Bearbeiten derselben erforderlichen Hülfslinien punktirt angegeben und es haben die Steine dieselbe Bezeichnung wie in dem Musterriße Fig. 176.

In dem vorherbesprochenen Beispiele eines Nischenbogens in einer geraden Mauer haben wir angenommen, daß der Bogen aus einer ungeraden Anzahl von Wölbsteinen gebildet werde, welche, bis zu dem Auge geführt, nur aus einem Stücke bestehen. Bei großen Nischenbogen aber, welche aus einer größeren Anzahl von Bogensteinen zusammengesetzt werden, bei deren Abmessungen in der Theilung des Bogens an der Mauerflucht man sich einestheils nach der Stärke der vorhandenen Steine, anderntheils aber auch darnach zu richten hat, daß die Mehrzahl der Bogensteine entweder vermittelst horizontaler Haken in die angrenzenden Mauerschichten übergreifen oder doch durch senkrechte Stoßfugen sich an die Mauerschichten anschließen, werden die Bogenschichten in der Richtung der Fugen aus mehreren Bogensteinen gebildet.

Wollte man die Fugen von allen Theilungspunkten der Bogenschichten an dem äußeren Bogen bis zu dem Auge in gerader Richtung durchführen, so würden die Steine dieser Schichten nach dem Auge hin eine sehr geringe Stärke erhalten, wodurch die Festigkeit des Bogens beeinträchtigt würde. Man wird deßhalb bei der Anordnung des Fugenschnittes darauf zu sehen haben, daß die Lagerfugen der aus mehreren Steinen bestehenden Wölbschichten nicht von jedem Theilungspunkte des äußeren Bogens bis zum Auge geführt, vielmehr an den Stoßfugen der Bogenleibung so verwechselt werden, daß die Anzahl der Wölbschichten nach dem Auge hin abnimmt.

Wir geben als Beispiel in Fig. 184 die Ansicht eines Nischenbogens, bei welchem die Lagerfugen der von dem äußeren Bogen nach dem Auge zweifach getheilten Schichten so verwechselt sind, daß der an dem äußeren Bogen aus 15 Schichten bestehende Bogen in der Mitte aus zehn und bei seinem Anschluß an das Auge nur aus fünf Schichten zusammengesetzt ist. Da nach dieser Anordnung die Fugen von drei zu drei Theilungspunkten des äußeren Bogens bis zu dem Auge geführt sind, wodurch gewissermaßen Hauptschichten gebildet werden, inner-

Fig. 184.



halb welcher die Verwechselung der Lagerfugen stattfindet; so können nun, zur Vermehrung der Festigkeit des Bogens, von Hauptschichte zu Hauptschichte auch die Stoßfugen so verwechselt werden, wie wir dieß in der einen Hälfte der Bogenansicht Fig. 184 ein gezeichnet haben.

Wir übergehen die verschiedenen Fälle, wo Nischen in anderen als geraden Mauern vorkommen können, und erwähnen nur noch die sphärische Nische in Mauerecken, wo sie einen überragenden Bogen, eine sogenannte Trompe bildet.

Nehmen wir an, es seien die geraden Linien AE und BE in Fig. 186 die Grundriße der äußeren Seiten der geraden Mauern, welche die Ecken bilden, in welcher eine sphärische Nische angebracht werden soll. Um den Musterriß der Nische zu erhalten, nimmt man die Spitze E des Winkels AEB als Horizontalprojecteon des Mittelpunkts der sphärischen Fläche an, welche die Gewölbfläche der Nische bilden soll, und beschreibt mit einem Halbmesser EC, welcher dem Halbmesser der sphärischen Fläche entspricht, einen unbestimmten Kreisbogen. Der in dem Winkel AEB enthaltene Theil CG dieses Bogens ist die Horizontalprojection des Nischenbogens und zugleich der Grundriß der hohlrunden cylindrischen Mauerseite, an welcher der Nischenbogen angebracht ist. Aus demselben Mittelpunkte E und mit einem Halbmesser, welcher um die Stärke der Mauer größer ist, als EC, beschreibt man den Bogen, welcher den Grundriß der inneren Seite der geraden cylindrischen Mauer darstellt. Errichtet man an den Mittelpunkt E eine Senkrechte aE auf die Grade EC, bis sie den zuerst beschriebenen Kreisbogen in a schneidet, so ist der Punkt a der Scheitel der Nische, indem der Bogen aC

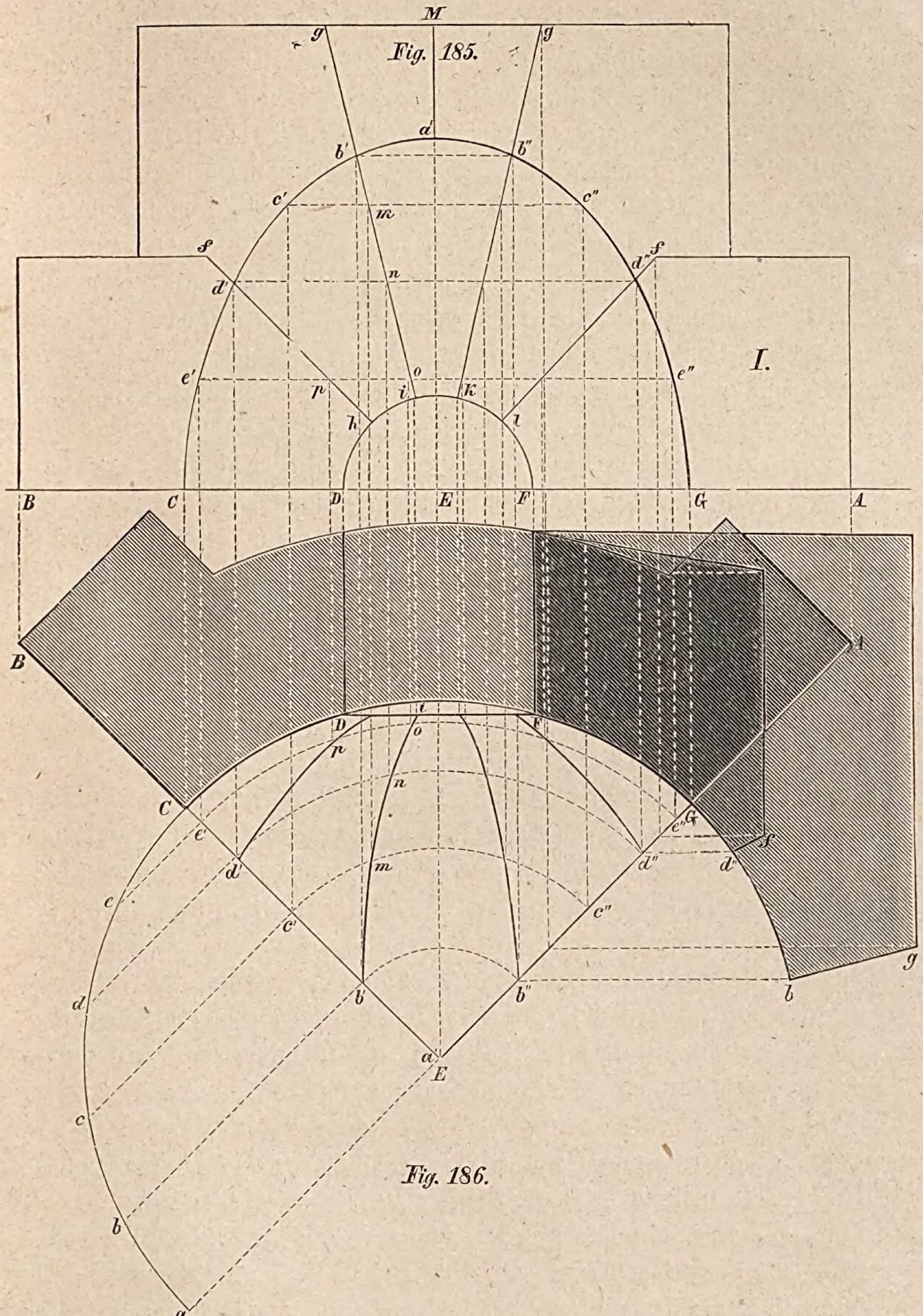


Fig. 185.

Fig. 186.

die Herabziehung oder Umlegung der Nische auf die Mauerseite darstellt, deren Grundriß die Grade EB ist. Der Seitenbogen auf der

Seite der anderen Mauer, deren Grundriß die Grade EA ist, ist dem Bogen aC vollkommen gleich. Hat man an dem Seitenbogen die Theilung nach der beabsichtigten Anzahl von Bogensteinen von dem Scheitelpunkt aabwärts so angetragen, daß man den Bogen in die doppelte Anzahl Theile, als Steinhäupter an der Hälfte des Nischenbogens vorkommen, mehr einem theilt und diesen letzteren Theil vom Scheitelpunkte abwärts als halbe Schlußsteinbreite anträgt, während man die ganze Steinbreite vom Schlußsteine abwärts durch je zwei Theile bezeichnet; so werden von den Theilungspunkten b, c, d und e die Senkrechten bb′, cc″ dd′, ee′ gegen die Grundlinie EC gefällt. Nimmt man nun zur Verzeichnung des Nischenbogens im Aufriße die Grundlinie AB Fig. 185. senkrecht gegen die Linie EM an, welche den Winkel AEB halbirt; so wird der Scheitelpunkt der Nische sich in der Senkrechten EM und zwar in der aus dem Grundriße zu entnehmenden Entfernung aa′ von dem Mittelpunkt E, welcher an der Grundlinie AB gelegen ist, befinden. Ebenso werden die im Grundriße an der Mauerseite EB angetragenen Theilungspunkte des Seitenbogens b′, c′, d′, und e′ in den über diese Punkte geführten Senkrechten gegen AB sich befinden. Errichten wir diese Senkrechten und tragen an diese die aus dem Grundriße zu entnehmenden Ordinaten bb′, cc′, dd′, ee′ von der Grundlinie AB, und ebenso den an der Grundlinie gelegenen Punkt C an, und verbinden die Punkte a′, b′, c′, d′, e′, und C durch eine krumme Linie, welche genau eine halbe Elypse darstellt: so erhalten wir die Vertikalprojection des Durchschnitts der Mauerseite AE mit der Gewölbfläche der Nische. Die Verticalprojection des Durchschnitts der Mauerseite AE mit der Gewölbfläche der Nische ist genau dieselbe wie an der Mauerseite BE und wird ebenfalls durch das Antragen der aus dem im Grundriß umgelegten Seitenbogen aC zu entnehmenden Ordinaten an die Senkrechten bestimmt, welche von den im Grundriße angegebenen Schnittpunkten b″, c″, d″ und e″ gegen die Grundlinien AB im Aufriß errichtet werden.

Denken wir uns im Aufriß Fig. 185 über die Theilungspunkte mit der Grundlinie AB parallele horizontale Ebenen geführt; so werden die Durchschnittslinien mit der Gewölbfläche der Nische Kreisbogen sein, welche im Grundriße Fig. 186 aus dem Punkte E, welcher die Projection der senkrechten Axe ist, in welcher die Mittelpunkte der Kreisbogen sich befinden, mit den Halbmessern Eb′, Ec′, Ed′ und Ee′ beschrieben werden. Wie aus den Schnittpunkten dieser Kreisbogen im

Grundrisse die Theilungspunkte an der Mauerseite AE bestimmt und von diesen aus die Senkrechten gegen die Grundlinie AB im Aufriß geführt werden; so werden von den Durchschnittspunkten der über die Theilungspunkte im Aufriß geführten horizontalen Linien, welche die Projectionen der angenommenen horizontalen Ebenen sind, mit den centrischen Fugen an der Gewölbfläche der Nische durch Senkrechte bis zu den entsprechenden Kreisbogen im Grundrisse die Punkte bezeichnet, über welche die krummen Linien gezogen werden, welche die Fugenschnitte an der Gewölbfläche darstellen, wie dieß aus den Musterrißen, an welchen die gleichen Schnittpunkte mit denselben Buchstaben bezeichnet sind, ersehen werden kann.

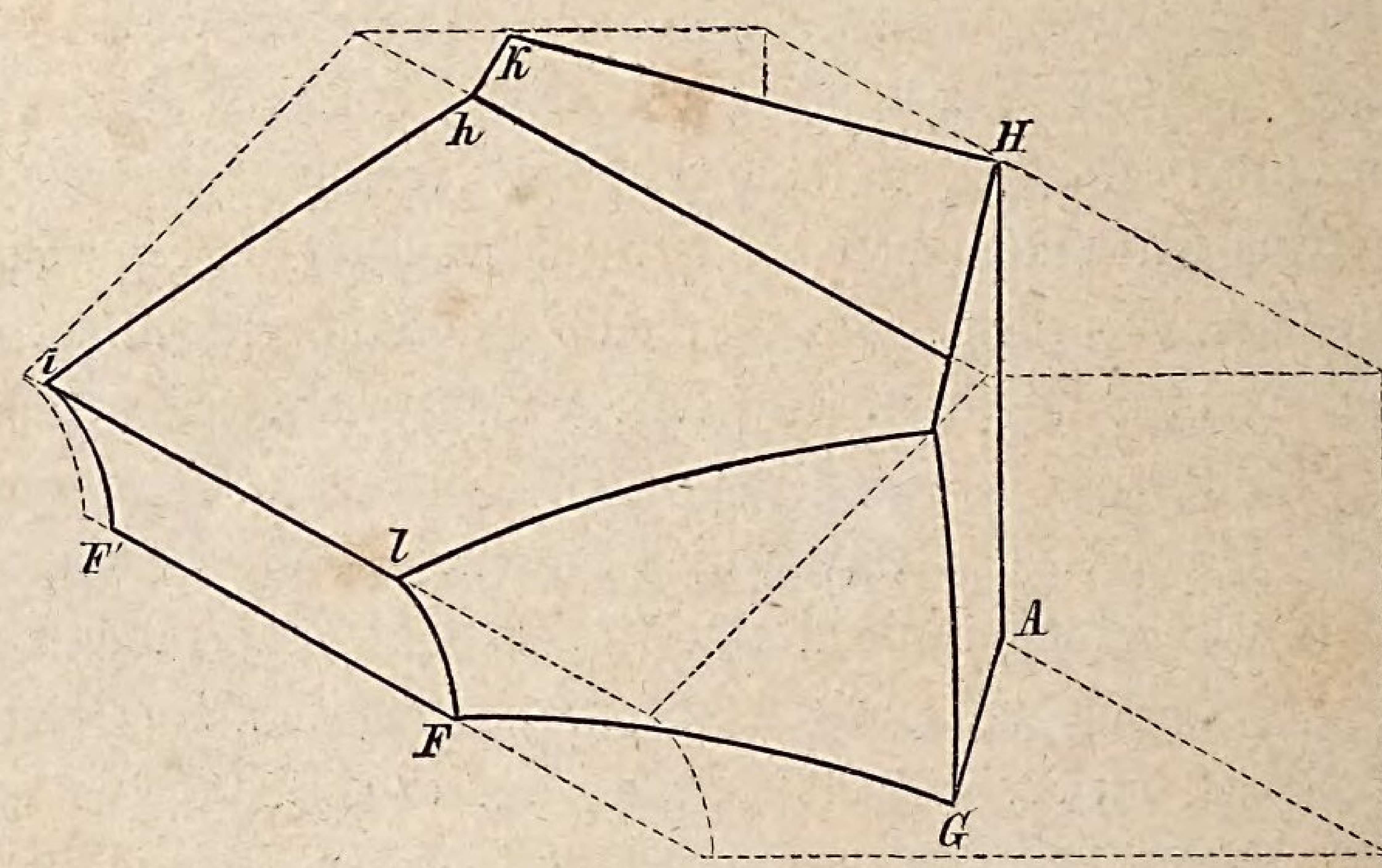
Um die Schablonen der Fugenschnitte für die Gewölbsteine zu erhalten, denkt man sich im Grundriß Fig. 186 die Lagerflächen um die Linie EM als Axe bis zur Horizontalebene des Bogenanfängers umgelegt. Die Schnittlinien an der Gewölbfläche werden einen Theil des aus dem Mittelpunkte E mit dem Halbmesser EG beschriebenen Kreisbogens bilden, dessen Größe für die einem Fugenschnitte zugehörigen Schablonen gefunden wird, wenn wir von dem entsprechenden Schnittpunkte an der Mauerseite eine Senkrechte gegen die Axe EM errichten und bis zu dem erwähnten Kreisbogen führen. Die übrigen Schnittlinien der Lagerschablonen, welche für die über die Theilungspunkte b'' und im Aufriß Fig. 185 geführten Fugenschnitte im Grundriße Fig. 186 herausgetragen sind, werden dadurch bestimmt, daß man im Grundriß über die Schnittpunkte, welche aus dem Aufriße durch Senkrechte an die entsprechenden Mauerseiten angetragen werden, Senkrechte gegen die Axe EM führt, an diese die aus dem Aufriße zu entnehmenden Abstände dieser Punkte von dem Mittelpunkt C, welcher die Projection der Axe ist, anträgt, und die auf diese Art gefundenen Schnittpunkte auf die geeignete Weise durch gerade Linien oder Curven untereinander verbindet.

Bei der Bearbeitung der Bogensteine wird so verfahren, daß man sie zuerst nach den aus dem Musterriße Fig. 185 entnommenen Kopfschablonen ohne Berücksichtigung der nach anderer Richtung abweichenden Formen ausviert,, und nachher die Kanten der Bogenflächen und der Häupter durch das Auflegen der Fugenschnittschablonen und nach den aus dem Grundriß Fig. 186 zu entnehmenden Abmessungen der Häupter verzeichnet.

Wäre hiernach der mit I bezeichnete Bogenstein zu bearbeiten, so nimmt man aus dem Musterriße Fig. 185 die Kopfschablone HAGFld''f

auf und wählt einen Stein, der diese Schablone fassen kann und zugleich die aus dem Grundriße Fig. 186 zu entnehmende Länge gleich rs hat. Nach der Kopfschablone viert man den Stein Fig. 187 so aus,

Fig. 187.



daß er die punktirt umschriebene Form erhält. Hierauf legt man die aus dem Grundriße abzutragende Lagerschablone auf das untere Lager, und auf das obere Lager die ebenfalls im Grundriße auf vorbeschriebene Art herausgetragene Lagerschablone für dasselbe, und der Stein ist so verzeichnet, daß er, nach der Verzeichnung bearbeitet, die durch seine Lage vorgeschriebene Form AGFFHfd''lih erhält. Bei dem Auflegen der Lagerschablonen muß darauf gesehen werden, daß man an den bereits bearbeiteten Kanten genau die Punkte bezeichnet, wo die Spitzen der Schablonen zusammenfallen müssen.

Bildet in dem vorherbesprochenen Beispiele die Gewölbfläche des überragenden Bogens eine sphärische Nische; so können unter anderen Umständen die Gewölbflächen derartiger Bogen nach sehr verschiedenen Bedingungen erzeugt gedacht werden.

Angenommen, es soll die Ecke, welche zwei gerade Mauern bilden, durch eine senkrechte Ebene bis auf eine gewisse Höhe abgestumpft und von da der obere Theil der bis zur Ecke fortgeführten Mauern durch einen überragenden konischen Kernbogen nach den Figuren 188 und 189 gestützt werden. Die Graden AC und CE Fig. 189 seien die Grundrisse der äußeren Seiten zweier geraden Mauern, welche die Ecke bilden, und die Grade BD sei der Grundriß der Vertikalebene, durch welche die Ecke abgestumpft wird; so stellt das Dreieck BCD den Grundriß der Wölbung dar. Da wir angenommen haben, daß die

Fig. 188.

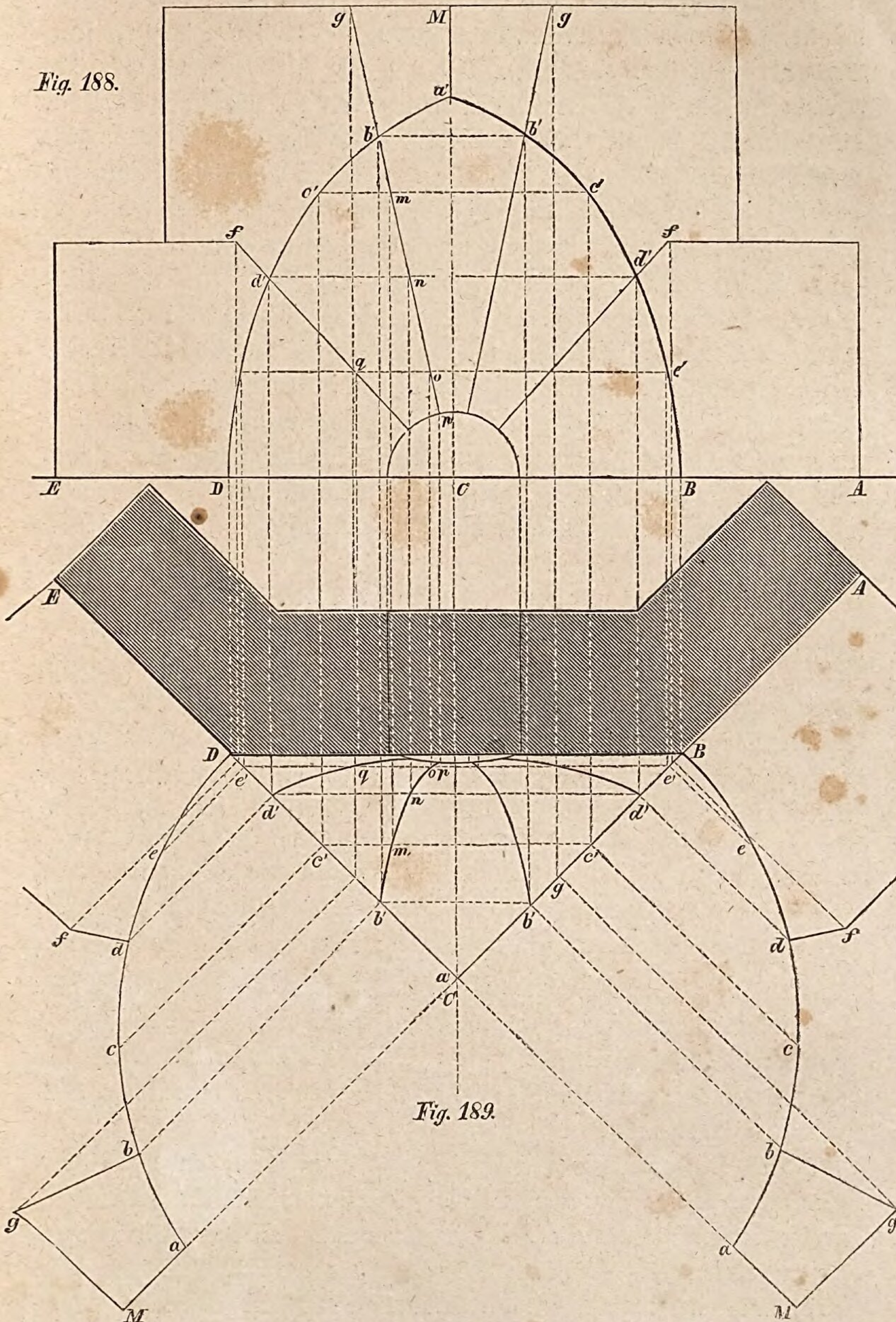


Fig. 189.

Grade BD senkrecht ei gegen die Linie CM, welche den Winkel UCE halbirt; so werden die Seitenbogen BC und CD unter sich gleich sein. Beschreibt man über den Seiten BC und CD mit gleichem Halbmesser Kreisbogen, bis sie die Senkrechten, welche von dem Eckpunkte C gegen die Seiten AC und CE errichtet werden, in a schneiden; so stellen diese Bogen die Seitenbogen der Wölbung dar, von welchen die Graden BC und CD die Grundrisse sind. Diese Seitenbogen sind als Richtungs-inien einer horizontalen cylindrischen Fläche angenommen, deren erzeugende Linien mit der Graden BD parallel sind, und diese cylindrische Fläche bilde die innere Fläche des Wölbebogens über dem Dreieck BCD. Theilt man nun die Seitenbogen nach der Anzahl der Wölbsteinhäupter, welche der Bogen enthalten soll, fällt von den Theilungspunkten Senkrechte auf die Seiten BC und CD, welche die Grundrisse dieser Seitenbogen darstellen, und zieht von den Fußpunkten dieser Senkrechten mit BD Parallele; so stellen diese Parallelen die über die Theilungspunkte geführten erzeugenden Linien der cylindrischen Fläche der Wölbung dar.

Nimmt man nun als Grundlinie der Vertikalprojektion die Linie AE senkrecht auf die Linie CM an, welche den Winkel der Mauerseiten ACE halbirt; so erhält man die Vertikalprojection der Seitenbogen, wenn man von dem Scheitelpunkte a′ und den Theilungspunkten b′,c′,d′,e′, so wie von den Punkten B und D, von welchen der Bogen seinen Anfang nimmt, Senkrechte führt und an diesen die entsprechenden Ordinaten aa′,bb′,cc′,dd′, und ee′, gleich macht den Ordinaten der Seitenbogen, und die Punkte a′, b′, c′, d′, e′ und D, sowie die Punkte a″,b″,c″,d″,e″ und B durch eine stetige krumme Linie verbindet. Ist das Auge, durch welches die Bogensteine abgestumpft werden, vorgezeichnet, und sind durch die Theilungspunkte b′, d′, b″ und d″ nach dem Punkte C′, welcher die Axe des Bogens darstellt, die geraden Linien bis an das Auge gezogen und bis zu den horizontalen Fugen der anstoßenden Mauerschichten verlängert; so ist der Musterriß des Bogens vollendet und es bleibt nur noch übrig, von den Schnittpunkten f die Haken anzuordnen.

Um die Horizontalprojectionen der Fugenschnitte an der Bogenfläche zu erhalten, zieht man über die Theilungspunkte der Seitenbogen gerade Linien parallel mit der Grundlinie AE, welche dieselben erzeugenden Linien der Wölbfläche darstellen, die wir im Grundrisse über dieselben Punkte parallel mit der Grundlinie BD gezogen haben. Wer-

den nun aus den Punkten, wo die im Aufrisse angenommenen erzeugenden Linien die Fugen schneiden, Senkrechte bis zu den entsprechenden erzeugenden Linien im Grundriß geführt, und es werden durch die Schnittpunkte dieser Senkrechten stetige krumme Linien gezogen; so stellen diese die Schnittlinien der Fugen an der Wölbfläche im Grundrisse dar. Da das Verfahren in den Fig. 188 und 189 durch punktirte Linien angegeben ist; so erscheint eine weitere Auseinandersetzung überflüssig.

Dieser Art von Bogen wird die nöthige Festigkeit dadurch gegeben, daß man die Lager der Haken sowohl, als auch die Fugen der Wölbsteine nach der ganzen Ausdehnung der Wölbung durch die ganze Mauerstärke, auf welcher der Bogen ruht, hindurchführt.

Zur Verzeichnung der Bogensteine bedient man sich am besten der Ausvierungsmethode, bei welcher der Stein zuerst in seiner ganzen Höhe nach einer Grundrißschablone, sodann nach einer der Stirnschablonen, und zuletzt nach den Lagerschablonen bearbeitet wird. Zur Bearbeitung der senkrechten Flächen, welche in das Mauerhaupt fallen, dienen die Schablonen, welche wir im Grundrisse mit den Seitenbogen herausgetragen haben. Das Heraustragen der Lagerschablonen, deren Länge aus dem Musterrisse im Aufriß Fig. 188, und deren Breite von dem hinteren Mauerhaupte aus, dessen Grundriß Fig. 189 als Richtungslinie dient, entnommen wird, bietet so wenig Schwierigkeit dar, daß wir das dabei in Anwendung kommende Verfahren glauben mit Stillschweigen übergehen und das Auffinden desselben dem Nachdenken des aufmerksamen Lesers um so mehr überlassen zu können, als dazu die bereits besprochenen Beispiele von Mauerbogen Anhaltspunkte zur Genüge darbieten.

Nehmen wir den Fall an, daß die Seiten zweier geraden Mauern, welche eine Ecke bilden, bis auf eine gewisse Höhe durch eine senkrechte cylindrische Fläche abgestumpft und oberhalb durch einen überragenden konischen Kernbogen gestützt werden sollen; so wird die innere Fläche der Bogenwölbung eine ringförmige sein. Es seien die Graden AC nnd CE in Fig 191 die Grundrisse der äußeren Seiten zweier geraden Mauern, welche die Ecke bilden, und der tangente Kreisbogen BD sei der Grundriß der cylindrischen Mauer, nach welcher die Ecke abgestumpft werden soll, und welcher zugleich die Grundlinie darstellt, von welcher der konische Kernbogen sich erhebt.

Die Seitenbogen werden wie in dem vorhergehenden Beispiele be-

Fig. 190.

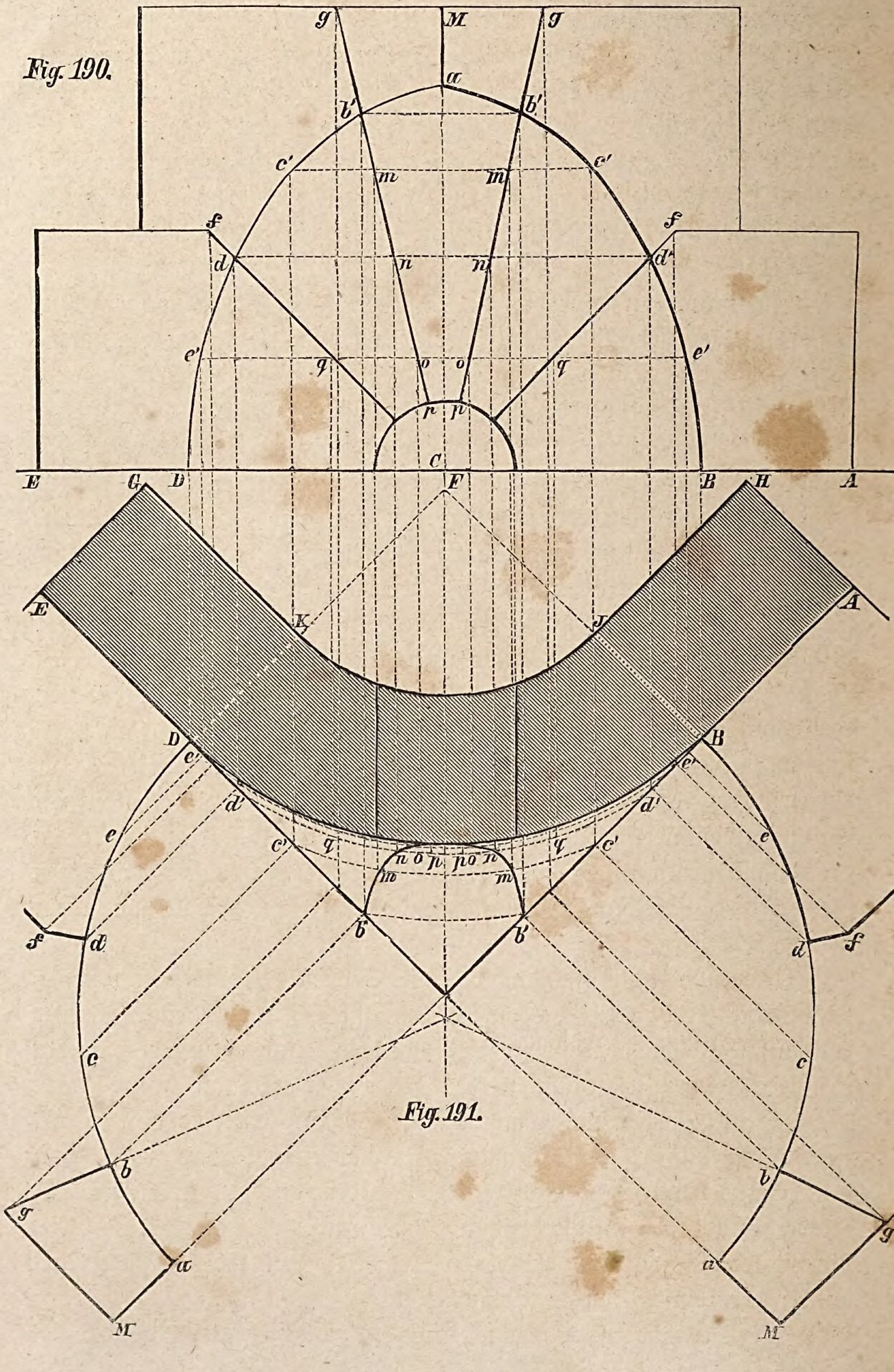


Fig. 191.

liebig, jedoch des besseren Ansehens wegen so angenommen, da die Scheitelhöhe Ca der im Grundrisse Fig. 191 umgelegten Bogen größer ist, als die zugehörige Grundlinie BC oder CD. Sind die Seitenbogen nach der beabsichtigten Anzahl von Bogensteinen eingetheilt, wobei man außer den Theilungspunkten für die Fugenschnitte noch andere Theilungspunkte bezeichnen kann, welche zur genaueren Verzeichnung der Seitenbogen im Aufrisse Fig. 190 dienen; so werden von den Theilungspunkten Senkrechte gegen die entsprechenden Grundlinien BC und CD geführt. Da diese Grundlinien zugleich die Grundrisse der Mauerseiten sind, welche den konischen Bogen schneiden; so stellen die Fußpunkte der von den Theilungspunkten der Seitenbogen gegen deren Grundlinien geführten Senkrechten zugleich die an den entsprechenden Mauerseiten gelegenen Theilungspunkte der Seitenbogen dar. Nehmen wir nun für den Aufriß Fig. 190 die Grundlinie AE senkrecht auf die Linie CM an, welche den von den beiden Mauerseiten eingeschlossenen Winkel ACE halbirt; führen von den im Grundriß an die Mauerseiten angetragenen Theilungspunkten Senkrechte, und tragen an diese von der Grundlinie AE die aus dem Grundrisse zu entnehmenden Ordinaten aa′, bb′, cc′, dd′ und ee′ an; so erhalten wir die Theilungspunkte im Aufriß, über welche die gezogenen krummen Linien die Vertikalprojectionen der Seitenbogen darstellen. Nachdem man das Auge des Bogens bestimmt, von den Theilungspunkten b′,b″, d′ und d″ die Fugen der Bogensteine gezogen, und von den Schnittpunkten beiderseits die Hakenverbände angeordnet hat, ist der Musterriß des konischen Bogens im Aufrisse vollendet. Um die Fugenschnitte an der Wölbfläche im Grundrisse Fig. 191 zu verzeichnen, denkt man sich über die Schnittpunkte der Seitenbogen im Aufriß Fig. 190 mit der Grundlinie AE parallele horizontale Ebenen durch den Bogen geführt, und die Punkte, wo diese Ebenen die an der Bogenfläche gelegenen Kanten der Lagerfugen schneiden, durch verlängerte Senkrechten gegen die Grundlinie AE in den Grundriß getragen. Da wir nun angenommen haben, daß der von dem Kreisbogen BD der cylindrisch abgestumpften Mauer sich erhebende überragende Kernbogen ein konischer sein soll; so werden die Horizontalprojectionen der Schnitte der durch die Theilungspunkte der Seitenbogen geführten horizontalen Ebenen concentrische Kreisbogen sein, welche, aus dem Mittelpunkte F des Bogenanfangs beschrieben, die an den Mauerseiten BC und CD gelegenen Theilungspunkte der Seitenbogen schneiden. Werden nun von den Punkten im Aufriß Fig. 190, wo

die horizontalen Ebenen die centrischen Fugen schneiden, die Senkrechten gegen die Grundlinie AE bis zu dem Kreisbogen im Grundrisse Fig. 191 geführt, welche die Horizontalprojectionen der Durchschnittslinien von den entsprechenden Horizontalebenen vorstellen; so erhalten wir diese Durchschnittspunkte im Grundriß. Werden die zusammengehörigen Durchschuittspunkte für je eine Fugenkante im Aufriß, im Grundrisse durch krumme Linien unter sich verbunden; so stellen diese krummen Linien die Horizontalprojectionen der Fugenkanten an der Lagerfläche dar.

Das Verzeichnen der Bogensteine, welche sowohl nach der Richtung der centrischen Lagerflächen, als auch nach den horizontalen Lagerflächen der Haken auf die ganze Stärke der Mauer durchgeführt werden, sowie das Heraustragen der Lagerschablonen, wird keiner besonderen Auseinandersetzung bedürfen. Die Stirnschablonen der Steine an den Mauerseiten werden, wie in dem vorigen Beispiele, nach einem so einfachen Verfahren im Grundrisse Fig. 191 herausgetragen, daß die punktirte Einzeichnung dasselbe ohne wörtliche Erläuterung deutlich machen wird.

Wie nach den angeführten Beispielen an äußeren Mauerecken überragende Kernbogen angebracht werden können; so ist dieß auch bei inneren Mauerecken der Fall, wo zur Unterstützung von Mauern nach innen, von den Mauerecken aus kegelförmige Bogen angebracht werden, deren Seitenbogen sich in den Seiten der zu unterstützenden Mauern befinden.

Wir nehmen als Beispiel in den Fig. 192 und 193 einen kegelförmigen Kernbogen in der inneren Ecke zweier geraden Mauern an, dessen Seitenbogen in der senkrechten Ebene der Mauerseite gelegen ist, welche durch den Kernbogen gestützt werden soll.

In der Fig. 193 seien die Graden AB und DE, BC und EF die Grundrisse der Mauerseiten, welche die Ecke ABC bilden, in die ein kegelförmiger Kernbogen angebracht werden soll, dessen Seitenbogen in einer Vertikalebene gelegen sein soll, deren Grundriß GH ist. Theilt man die Linie GH Fig. 193 in zwei gleiche Theile und zieht von dem Theilungspunkt nach der Ecke B eine gerade Linie; so ist diese Linie, welche in unserem Beispiele zugleich senkrecht auf GH ist, die Horizontalprojection der Axe der Gewölbfläche. Der Punkt B ist die Horizontalprojection des Scheitels dieser Gewölbfläche, und die Graden GB und HB sind die Horizontalprojectionen der erzeugenden Linien des kegelförmigen Gewölbes. Nimmt man nun DF senkrecht auf die durch B geführte Halbirungslinie BM gerichtet, als Grundlinie der Vertikalpro-

Fig. 192.

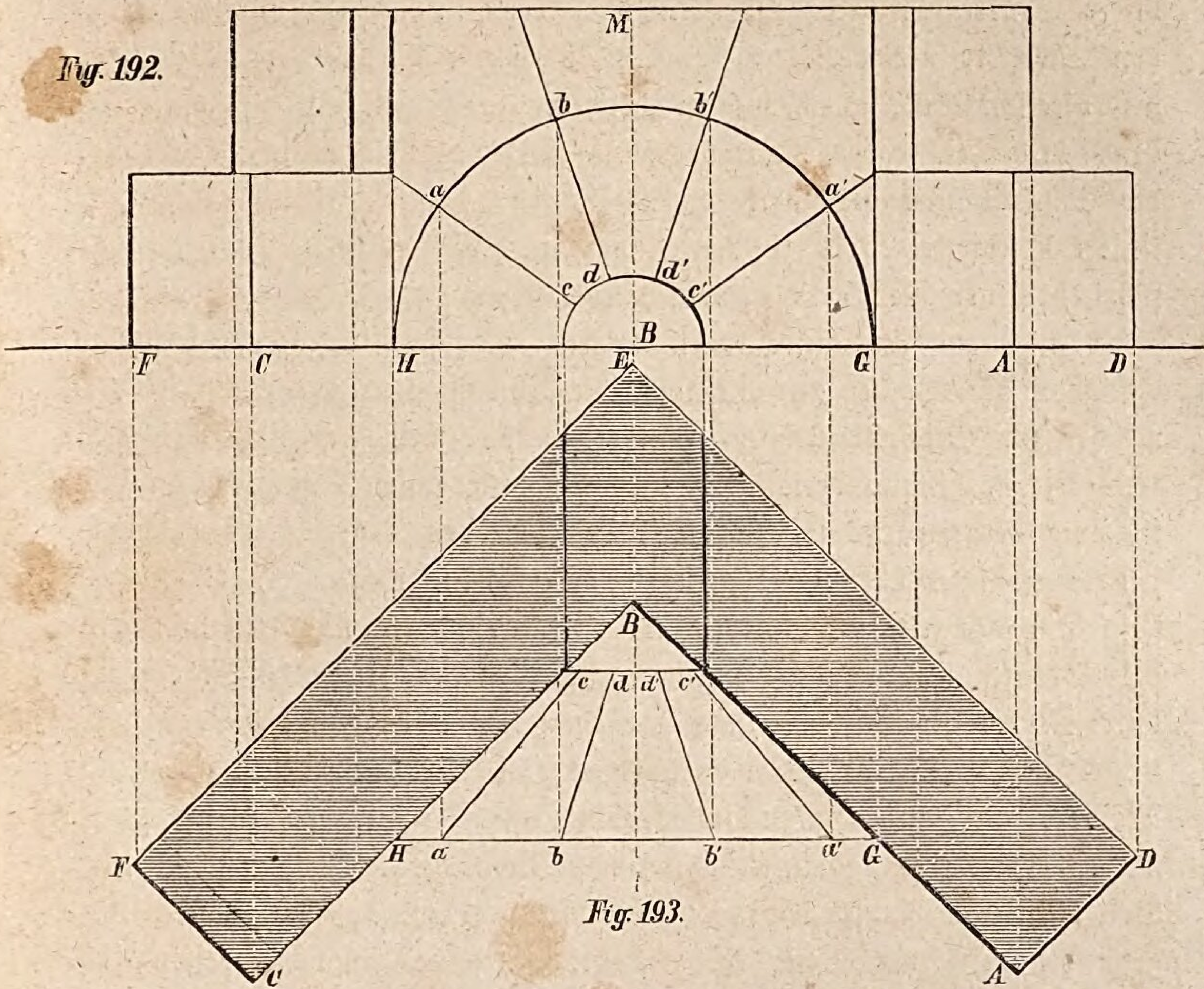


Fig. 193.

jection Fig. 192 an, und errichtet gegen diese aus den Punkten G und H im Grundrisse Fig. 193 Senkrechte; so sind diese über die Grundlinie DF unbestimmt verlängerten Senkrechten die Vertikalprojectionen der Durchschnitte der Vertikalebene des Seitenbogens mit den inneren Seiten der Mauer, welche die Ecke bilden. Wird über GH, zwischen den Punkten, wo die bemerkten Senkrechten die Grundlinie DF schneiden, ein Halbkreis beschrieben, dessen Mittelpunkt in der Grundlinie und zwar in dem Durchschnitte einer durch die Ecke B Fig. 193 geführten Senkrechten gelegen ist; so stellt dieser Halbkreis die Vertikalprojection des Seitenbogens dar. Aus demselben Mittelpunkt wird das Auge beschrieben, durch welches die Bogensteine abgestumpft werden. Sind von den Theilungspunkten des Seitenbogens Fig. 192, welche nach der Anzahl der Bogensteine in gleichen Abständen angetragen werden, die Fugenschnitte nach dem Mittelpunkt B bis an das Auge in geraden Linien gezogen; so erhalten wir die Fugenschnitte im Grundrisse, wenn wir von den Theilungspunkten des Seitenbogens Senkrechte bis zur Linie GH im Grundriß fällen, und von den Schnittpunkten

dieser Senkrechten gerade Linien nach dem Punkte B führen, welcher den Scheitelpunkt der kegelförmigen Wölbung darstellt. Die Horizontalprojection des Auges, bis zu welchem die Fugenschnitte gezogen werden, bildet eine gerade mit der Linie GH parallele Linie, welche über die Schnittpunkte der, von den Endpunkten des Auges an der Grundlinie DF Fig. 192 bis zu den Mauerseiten AB und BC Fig. 193 geführten Senkrechten gezogen wird.

In Bezug auf die Anordnung des Fugenschnittes ist zu bemerken, daß man die Wölbefugen nie über die Durchschnitte der Mauerseite, in welcher der Seitenbogen sich befindet, mit den Mauerseiten welche die Ecke bilden, hinaus verlängert, vielmehr unter allen Umständen die Eintheilung des Bogens so anordnet, daß von den Lagerfugen, welche die senkrechten über G und H geführten Schnittlinien treffen, die Bogensteine durch Haken in die horizontalen Mauerschichten übergreifen. Sind die Schnittpunkte an den Durchschnittslinien der genannten Mauerseiten durch Mauerschichten von einer gewissen Höhe so bestimmt, daß sie höher liegen als die Schnittpunkte der Fugen von Wölbsteinen, welche mit der Mauerschichte durch Haken in Verbindung gebracht werden sollen; so müssen die Theilungspunkte an dem Seitenbogen für die betreffenden Bogensteine um soviel höher angenommen werden, daß die Fugenschnitte genau in den Durchschnittslinien der Mauerseiten zusammentreffen, sollten auch dadurch die Bogensteine eine ungleiche Breite erhalten.

Das Heraustragen der Kopf- und Lagerschablonen, welches bei diesem rein konischen Mauerbogen höchst einfach ist, indem alle Begrenzungslinien der Steine, mit Ausnahme der Seitenbogen, gerade Linien bilden, kann füglich unerörtert bleiben.

Neunter Abschnitt.

Von den Tonnengewölben.

Wie wir in dem fünften Abschnitte, von den Mauerbogen angeführt haben, unterscheiden sich die Gewölbe von den Mauerbogen wesentlich dadurch, daß sie keine Bestandtheile von Mauern, sondern für sich bestehende Steinconstructionen bilden, welche zur Ueberdeckung freier

Räume dienen. Die Mauern, auf welchen die Gewölbe ruhen, und deren Stärke ausreichend sein muß, dem Drucke der Gewölbe vollkommen Widerstand zu leisten, werden die Widerlager der Gewölbe genannt.

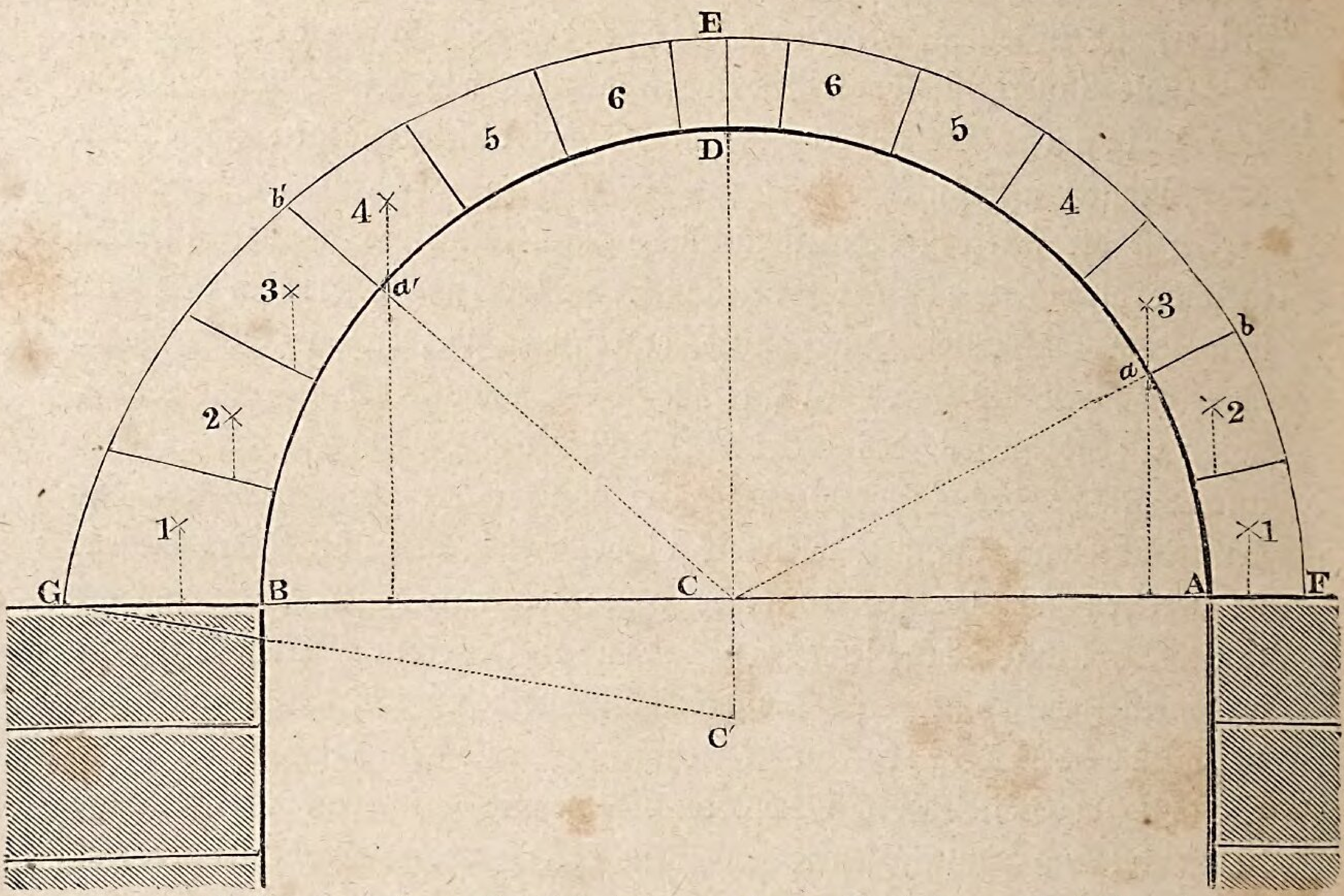
Die innere sichtbare Gewölbefläche wird wie bei den Mauerbogen die Leibung, die äußere sichtbare Gewölbefläche dagegen der Rücken oder Mantel genannt.

Ist die senkrechte Querschnittfläche eines Gewölbes sichtbar, so wird dieselbe als Gewölbstirn bezeichnet. Mauern, welche ein Gewölbe nach dem senkrechten Querschnitte begrenzen, werden die Stirn- oder Schildmauern des Gewölbes genannt. Der unmittelbar auf dem Widerlager ruhende Theil des Gewölbes heißt der Gewölbefuß; und die untere Fläche des Gewölbefußes, mit welcher derselbe unmittelbar auf dem Widerlager aufsitzt, wird die Gewölbesohle genannt. Die Linien, in welchen sich die Sohlen eines Gewölbes mit dessen Leibungsfläche schneiden, nennt man die Kämpferlinien desselben. Diejenigen Gewölbsteine, welche die erste Schichte des Gewölbefußes bilden, werden als Gewölbeanfänger, und diejenigen Gewölbsteine, welche die letzte Schichte im Scheitel des Gewölbes bilden und durch eine über die Axe der Wölbung geführte senkrechte Ebene ihrer Höhe nach halbirt werden, als Schlußsteine des Gewölbes bezeichnet.

Ueber den Druck, welchen Hausteingewölbe auf ihre Widerlager äußern, haben wir uns in der „Schule des Maurers" und zwar im neunten Abschnitt, welcher von den Gewölben handelt, so ausführlich ausgesprochen, als dieß bei dem beschränkten Umfange dieses Handbuches zulässig war. Indem wir zur Vermeidung von Wiederholungen auf diesen Abschnitt der „Schule des Maurers" hinweisen, entnehmen wir daraus nur dasjenige, was auf das allgemein übliche Verfahren Bezug hat, die Hausteingewölbe, sowohl zur Vermehrung ihrer Festigkeit, als auch zur Verminderung des Horizontalschubs, welchen dieselben auf ihre Widerlager äußern, vom Schlußsteine abwärts bis zu ihrer Sohle zu verstärken.

Der Horizontalschub von Gewölben von gleicher Pfeilhöhe ist verschieden, wenn die Gewölbstärke vom Schluße abwärts bis zum Widerlager verschieden ist. Fig. 194 stellt die Hälfte des senkrechten Querschnitts eines Gewölbes von gleicher Stärke im vollen Bogen, und Fig. 195 die Hälfte des senkrechten Querschnitts eines Gewölbes im vollen Bogen von gleicher Spannweite dar, bei welchem die am Schlusse dem vorigen gleiche Stärke des Gewölbes nach den Widerlagern so zu-

Fig. 194. u. 195.



nimmt, daß die äußere Wölblinie aus einem Kreisbogen besteht, dessen Mittelpunkt C um $^1/_4$ der Pfeilhöhe tiefer als der Mittelpunkt C des inneren Bogens gelegen ist. Beide Gewölbe bestehen aus einer gleichen Anzahl von unter sich an der inneren Bogenleibung gleich breiten Wölbsteinen, deren Lagerfugen bei beiden Gewölben in gleicher Höhe auch gleichen Centriwinkeln entsprechen. Der horizontale Druck eines jeden Gewölbestücks auf den darunter befindlichen Gewölbestein, sowie der horizontale Druck des ganzen Gewölbes auf die Widerlager, ist dem horizontalen Druck desselben Gewölbstücks oder ganzen Gewölbes gegen eine durch den Scheitel gezogen gedachte senkrechte Fuge gleich, wenn alle Gewölbsteine im Gleichgewicht sind. Der horizontale Druck eines Gewölbes gegen die senkrechte Fuge im Scheitel wird im Verhältnisse des senkrechten Drucks stehen, welchen die in ihrem Schwerpunkte nicht unterstützten Wölbsteine gegen die darunter befindliche Fuge äußern. Der senkrechte Druck eines jeden Gewölbstücks vom Scheitel an gerechnet gegen die darunter befindliche Fuge ist aber dem Gewichte dieses Gewölbstücks gleich, und es wird demnach, wie ein größeres Gewölbstück vom Scheitel abwärts einen größeren, senkrechten Druck äußert, auch das größere Gewölbstück in demselben Verhältnisse einen größeren horizonta-

len Druck gegen die darunter befindliche Fuge und von da auf die Widerlager äußern.

Denken wir uns, wie in Fig. 194 und 195 punktirt eingezeichnet, durch die Schwerpunkte der Gewölbsteine von den Anfängern aufwärts senkrechte Linien gezogen; so wirkt das Gewicht derselben in diesen Linien senkrecht nach unten, und es werden nur diejenigen Steine keinen Horizontaldruck gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene äußern, welche in ihren Schwerpunkten unterstützt sind, das heißt, durch deren Schwerpunkte geführte Vertikallinien noch die Lagerflächen der darunter befindlichen Steinschichten treffen. Nun ist dieß bei dem in Fig. 194 dargestellten Gewölbe von gleicher Stärke nur bei den zwei untersten Wölbsteinen der Fall, und schon bei dem dritten Wölbsteine trifft die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikallinie über die Vorderkante der Lagerfuge ab des darunter befindlichen Steins, und es ist von da an bis zum Scheitel das Gewölbstück als ein solches zu betrachten, welches gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene einen Horizontaldruck, und gegen die darunter befindlichen Wölbsteine einen Vertikaldruck äußert. Nun ist aber, wie bereits erwähnt, der Horizontaldruck eines Gewölbstückes gegen die durch den Scheitel geführte senkrechte Ebene, welche als Fuge gedacht werden kann, dem Horizontaldrucke desselben Gewölbstücks auf die darunter befindlichen Widerlager gleich, und kann durch das Gewicht dieses Gewölbstückes, hier von $4\frac{1}{2}$ Wölbsteinen, ausgedrückt werden. Bei dem in Fig. 195 dargestellten Gewölbe, dessen Stärke vom Scheitel bis zur Sohle beinahe um das Doppelte zunimmt, sind die drei unteren Wölbsteine in ihren Schwerpunkten unterstützt, indem die durch die Schwerpunkte dieser drei Wölbsteine gezogenen Vertikallinien auf die Lagerflächen der darunter befindlichen Wölbsteine treffen. Erst bei dem vierten Wölbsteine von der Sohle aufwärts trifft die durch den Schwerpunkt gezogene Vertikallinie vor die Lagerfuge des darunter befindlichen Wölbsteins, so daß dieser Wölbstein nur durch den Druck der darüber befindlichen Wölbsteine in seiner Lage erhalten wird. Da nun das Gewölbstück, welches gegen die Widerlager und gegen den Scheitel einen Horizontaldruck äußert, vom vierten Wölbsteine aufwärts bis zum Scheitel bei dem verstärkten Gewölbe Fig. 195 nur aus $3\frac{1}{2}$ Wölbsteinen, bei dem gleich starken Gewölbe Fig. 194 dagegen aus $4\frac{1}{2}$ Wölbsteinen besteht, und da außerdem dieser Horizontaldruck dem Gewichte des den Druck äußernden Gewölbstückes gleich ist; so wird sich der Horizontaldruck des ganzen Gewölbes von

gleicher Spannweite Fig. 194, und dem entsprechend die Stärke der Widerlager für dieses Gewölbe, zu dem Horizontaldruck des Gewölbes Fig. 195, welches nach der Sohle verstärkt ist, und ebenso die Stärke der Widerlager für dasselbe verhalten, wie sich das Gewicht von 9 der gleich starken Wölbsteine zu dem Gewicht von 7 der nach unten an Stärke zunehmenden Wölbsteine verhält.

Die in ihren Schwerpunkten unterstützten Wölbsteine sind als Theile der Gewölbe zu betrachten, welche die Widerlager nur senkrecht belasten, während die oberen in ihren Schwerpunkten nicht unterstützten Wölbsteine auf die geneigten Lagerflächen der ersteren einen senkrechten Druck und zugleich einen horizontalen Schub äußern.

Die Lagerfuge zwischen dem oberen, den Horizontalschub bewirkenden, und dem unteren, diesen Horizontalschub auf die Widerlager übertragenden Theil der Gewölbe bildet nun den schwächsten Theil derselben; denn bei einem Nachgeben der Widerlager tritt eine Trennung der Gewölbe in der Weise ein, daß diese Lagerfugen sich nach außen öffnen. Es werden diese Lagerfugen, welche in Fig. 194 mit ab und in Fig. 195 mit a′b′ bezeichnet sind, die Trennungsfugen, und die Winkel α und β, welche die nach der Richtung dieser Fugen gezogenen Radien einschließen, die Centriwinkel der Trennungsfugen genannt. Haben wir uns überzeugt, daß der Horizontalschub der Gewölbe von gleicher Spannweite und gleicher Pfeilhöhe und bei gleicher Stärke im Schlußsteine verschieden ist, je nachdem ein Gewölbe entweder vom Schlußsteine bis zum Widerlager eine gleiche Stärke behalten, oder vom Schlußsteine abwärts nach den Widerlagern verstärkt worden, und zunimmt mit der Größe des Gewölbestücks, dessen Wölbsteine in ihren Schwerpunkten nicht unterstützt sind; so werden wir ebenso die weitere Verschiedenheit des Horizontalschubes der Gewölbe von gleicher Spannweite, aber ungleicher Pfeilhöhe bestätigt finden. Die Resultate aller Versuche über den Schub von Gewölben stimmen mit der Erfahrung in der Ausführung darin überein, daß ein Gewölbe mit überhöhter Bogenlinie weniger stark auf seine Widerlager schiebt, als ein halbkreisförmiges, und das halbkreisförmige geringer, als ein gedrücktes, und das scheitrechte Gewölbe am stärksten, wenn die Spannweite der Gewölbe eine gleiche ist.

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen über die Gewölbe, gehen wir zur Betrachtung derjenigen Gattung von Gewölben über, welche den Inhalt dieses Abschnittes bilden sollen.

Tonnengewölbe werden alle diejenigen Gewölbe genannt, deren

Oberfläche entweder durch die Fortbewegung der einmal angenommenen Bogenlinie nach der Richtung der Axe gebildet gedacht werden kann, und bei welchen außerdem die Lagerfugen parallel sind mit der Axe und den Widerlagern, oder es wird deren Wölbfläche dadurch erzeugt gedacht, daß die horizontalen Kämpferlinien als erzeugende Linien über die Bogenlinien, welche den senkrechten Querschnitt darstelleu, mit Beibehaltung ihrer horizontalen Richtung geführt werden.

Die unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen an der Leibung der Tonnengewölbe müssen zugleich normal auf die Bogenlinie gerichtet sein. Bildet die Bogenlinie einen Halbkreis oder ein Kreissegment, so schneiden sich hienach alle an der Bogenlinie der Leibung normalen Fugen in der gemeinsamen Axe der Wölbung. Bildet die Bogenlinie der Wölbung einen aus mehreren Mittelpunkten beschriebenen Korbbogen, so schneiden die, an dem zugehörigen Kreisbogenstücke normalen Fugen nach so vielen Axen, als zur Beschreibung der Korbbogenlinie Mittelpunkte angenommen sind. Bei elliptischen Bogen ist die Richtung der Fugen für jeden Theilungspunkt eine solche, daß die von einem Theilungspunkte gezogene Fuge genau den Winkel halbirt, welchen die von diesem Theilungspunkte nach den Brennpunkten der Ellipse gezogenen geraden Linien, welche die Leitstrahlen der Ellipse genannt werden, einschließen.

Da das Tonnengewölbe mit seinen unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen nach seiner ganzen Ausdehnung einen gleichen Horizontalschub auf seine Widerlager äußert, sonach auch eine Belastung dieser Gewölbe selbst, wenn sie ungleich wirkt, durch die unter sich parallelen Wölbschichten auf die Widerlager gleichmäßig vertheilt wird; so eignet sich dieses in seiner Zusammensetzung höchst einfache Gewölbe ganz besonders zur Ueberwölbung von Flüssen als Brücke, oder zur Ueberwölbung von Thälern als Viadukt. Da sowohl bei den Brücken als auch bei den Viadukten die beiden Gewölbstirnen sichtbar und im Fugenschnitte ähnlich wie die Mauerbogen der Art behandelt sind, daß die Wölbsteine der Gewölbstirnen sich an die horizontalen Schichten der anschließenden Stirnmauern anschließen; so werden bei diesen Bauwerken allgemein üblich die Tonnengewölbe Bogen genannt.

Man unterscheidet gerade und schiefe Tonnengewölbe. Gerade Gewölbe nennt man diejenigen Gewölbe, deren sichtbare Stirnen senkrecht gegen die Widerlager gerichtet sind, wogegen Gewölbe, deren sichtbare Stirnen durch Ebenen begrenzt werden, welche gegen die Wider-

lager unter einem schiefen Winkel gerichtet sind, als schiefe Gewölbe bezeichnet werden.

Wir hatten bei dem, was wir über die Tonnengewölbe im Allgemeinen bis jetzt angeführt haben, hauptsächlich das gerade Gewölbe im Auge, und es hat namentlich die erwähnte Anwendung des einfachen Fugenschnittes nur auf dieses Gewölbe Bezug. Bei dem schiefen Gewölbe würden durch die Beibehaltung der unter sich und mit den Widerlagern parallelen Lagerfugen an den Stirnen spitze Winkel entstehen. Zur Vermeidung dieser spitzen Winkel von den, für die Erhaltung der Festigkeit der Gewölbe so wichtigen Gewölbestirnen, werden nun die Lagerfugen bei den schiefen Gewölben von der allgemeinen Annahme abweichend, und zwar auf verschiedene Weise angeordnet. Wir werden der Besprechung einiger Beispiele von geraden Gewölben die Erwähnung der gebräuchlichsten Anordnungen des Fugenschnittes von schiefen Gewölben nachfolgen lassen.

Als Beispiel eines einfachen geraden Gewölbes geben wir in den Fig. 196 bis 199 einen Brückenbogen im vollen Zirkel. Fig. 196 stellt den senkrechten Querschnitt des Gewölbes, Fig. 197 die vordere Ansicht der Bogenstirn mit der anschließenden Stirnmauer, beides zur Hälfte, Fig. 198 den Horizontalschnitt der Sohle mit der Ansicht der Leibung, uud Fig. 199 den Längenschnitt durch die Mitte des Schlußsteins mit der Ansicht der Leibung dar.

Wie aus dem senkrechten Querschnitt Fig. 196 zu ersehen, hat das Gewölbe an der Sohle eine Stärke, welche etwa das Doppelte der Stärke des Gewölbes im Schluße beträgt und es bildet die Wölblinie des Mantels ebenfalls einen Kreisbogen, dessen Mittelpuntt in der durch die Mitte geführten Senkrechten, aber tiefer als der Mittelpunkt C der Leibung, gelegen ist. Die Schichten haben an der Leibung eine gleiche Breite und es sind die Lagerfugen von den Theilungspunkten nach der Axe der Leibung, welche in C als Mittelpunkt des Kreisbogens derselben dargestellt ist, gezogen; so daß dadurch gegen den Mantel hin die Wölbsteine an der Hinterkannte der harten Lager durch spitze Winkel an der Hinterkante der weichen Lager dagegen durch stumpfe Winkel begrenzt werden. Sind die spitzen Winkel der Wölbsteine den Anforderungen eines richtigen Steinschnittes nicht ganz entsprechend, so wird durch dieselben die Festigkeit des Gewölbes doch um deßwillen nicht geradezu beeinträchtigt, weil die stärkste Zusammenpressung der Wölbsteine von der Brechungsfuge abwärts gegen die Leibung des Gewölbes stattfindet. Die in unserem Beispiele

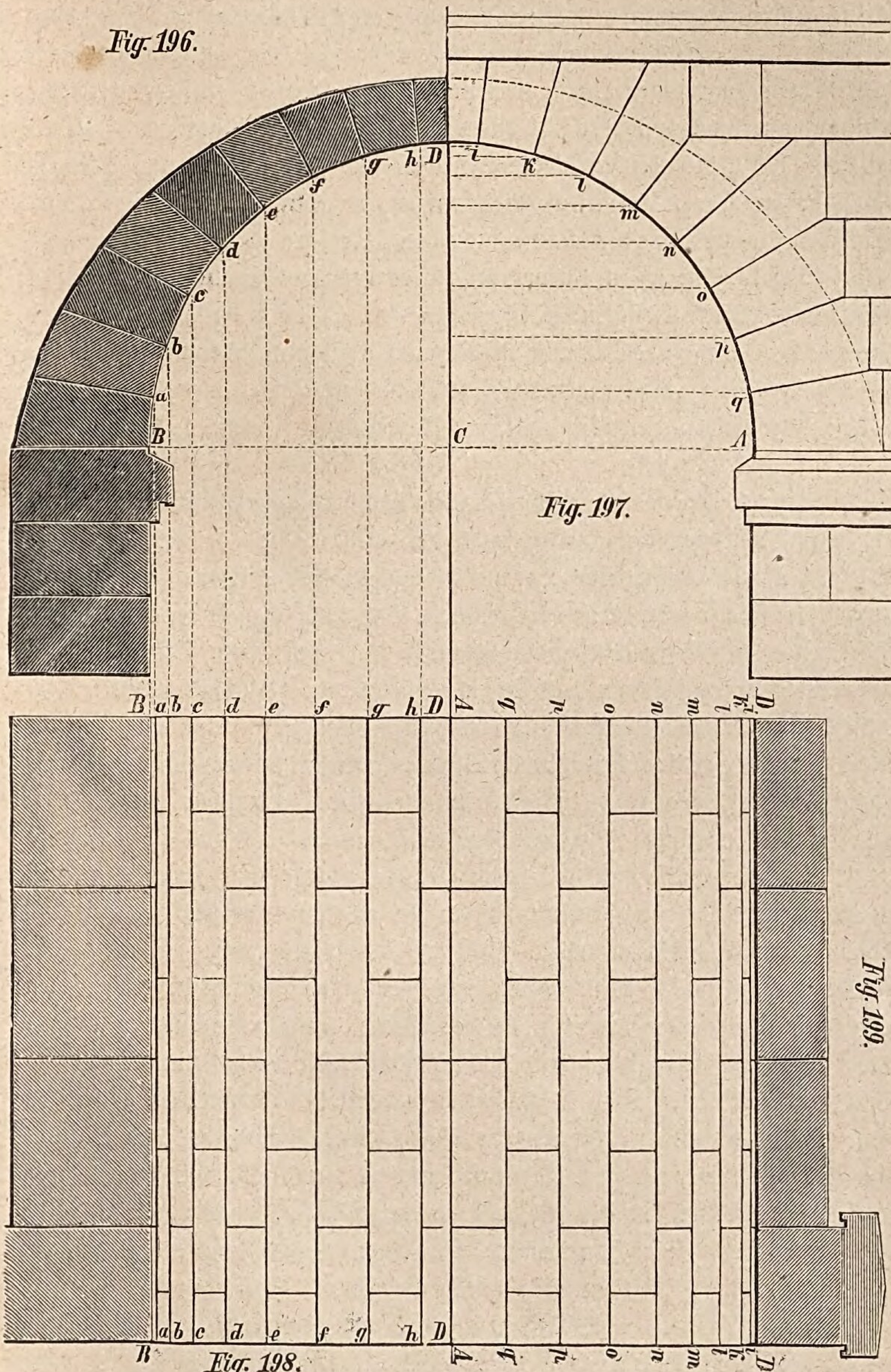


Fig. 196.

Fig. 197.

Fig. 198.

Fig. 199.

angenommenen Kreisbogen, findet nur in den Fällen Anwendung, wo keine Hintermauerung der Gewölbe durch erhöhte Widerlager stattfindet. Werden die Gewölbe hintermauert, so läßt man die, hinter die vorgeschriebenen Lagerfugen heraustretenden Bossen stehen, und es wird die Hintermauerung von der höchsten Stelle des Gewölbes nach beiden Seiten hin, bis hinter die erhöhten Widerlager, entweder nach einem Kreisbogen oder mit ebenen Abdachungen ausgeglichen. Bei der regelmäßigen Bearbeitung der Mantelfläche von Gewölben ohne Hintermauerung liegt derselbe Zweck zu Grunde wie bei der vom Schluße nach beiden Seiten abwärts geneigten Hintermauerung; es soll dadurch das Gewölbe gegen die zerstörenden Einflüsse der von oben eindringenden Nässe geschützt werden. Es erhalten deßhalb die zur Ableitung des Wassers dienenden Flächen einen fugendichten Ueberzug von hydraulischem Mörtel Cement oder Asphalt.

Bezieht sich das Angeführte auf den Gewölbekörper für sich allein, so haben wir noch die in Fig. 197 dargestellte Stirn des Gewölbes zu betrachten, welche zugleich einen Bestandtheil der Stirnmauer ausmacht und als solcher mit den horizontalen Schichten der letzteren auf entsprechende Weise in Verbindung gebracht werden muß. Wollte man die Wölbsteine auch an der Stirn nach dem in Fig. 197 punktirt gezeichneten Kreisbogen des Gewölbmantels bearbeiten und an diese die Schichten der Stirnmauer unmittelbar anschließen; so würden die horizontalen Lagerfugen den Kreisbogen des Gewölbemantels an der Gewölbesohle aufwärts in immer spitzer werdenden Winkeln schneiden, so daß ein Blick auf die Zeichnung genügen wird, um einzusehen, daß eine solche Anordnung allen Grundregeln des Steinschnitts zuwider und dabei kaum ausführbar wäre. Diesem Verfahren gerade entgegengesetzt wäre die, bei den Mauerbogen empfohlene und bei diesen vollkommen gerechtfertigte Anordnung: „Die Wölbsteine der Stirnen von den Kanten, wo die geneigten Lagerflächen der Wölbsteine die horizontalen Lagerflächen der Mauerschichten schneiden, vermittelst horizontaler Haken in die Mauerschichten übergreifen zu lassen. Was aber bei dem Mauerbogen, welcher nur zum Abschluß einer Mauerdurchbrechung dient und welcher meist nur von der durchbrochenen Mauer, und zwar auf seine ganze Breite gleichmäßig belastet wird, die Anordnung des Hakenverbandes empfiehlt, indem die durch horizontale Haken in die Mauerschichten eingreifenden Wölbsteine vermittelst der senkrechten Belastung ihrer Haken in ihrer Lage erhalten werden, liefert zugleich den Beweis,

daß diese Anordnung bei den Stirnen von Gewölben durchaus verwerflich ist. Die Erfahrung lehrt nämlich; daß alle Gewölbe, welche aus einer größeren Anzahl von Wölbschichten bestehen, nach der Entfernung der zu ihrer Ausführung erforderlich gewesenen Rüstbogen sich senken, auch wenn die Widerlager dem Horizontalschub der Gewölbe vollkommen widerstehen. An dieser Senkung der Gewölbe, welche allein die Folge des durch den Druck bewirkten innigsten Zusammenschließens der Lagerflächen ist, wie sie durch die genaueste Bearbeitung niemals erreicht werden kann, nehmen alle Schichten des Gewölbes Theil, und es werden, naturgemäß, die Zusammenpressungen vom Scheitel gegen die Sohle zunehmen. Denken wir uns nun die Steine von der Stirn eines Gewölbes vermittelst horizontaler Haken in die horizontalen Schichten der Stirnmauer übergreifend, und diese Haken von den darüber befindlichen Steinschichten senkrecht belastet, so wird auch die senkrechte Belastuug der hakenfenförmig eingreifenden Wölbsteine vom Scheitel gegen die Sohle zunehmen. Es wird nun in den meisten Fällen der Horizontalschub der Gewölbe auf die geneigten Lagerflächen größer sein, als die senkrechte Belastung, welche auf die Haken der Stirnsteine wirkt, und es wird in Folge der stärkeren Zusammenpressung der geneigten Lagerflächen entweder Trennung der Stirnmauer an den senkrechten Stoßfugen der Haken bewirkt, oder es werden die hakenförmig in die horizontalen Mauerschichten eingreifenden Wölbsteine von der Kante der gebrochenen Lagerfläche aus brechen müssen, wenn die senkrechte Belastung des in die horizontalen Mauerschichten übergreifenden Theiles derselben größer ist, als die relative Festigkeit der Steine.

Nach dem Vorbemerkten ist die Anwendung des Hakenverbandes an den Stirnen von Gewölben durchaus verwerflich, und es müssen zum Anschluß der Wölbsteine an die horizontalen Schichten der Stirnmauer die senkrechten Stoßfugen der Wölbsteine da angebracht werden, wo das harte Lager derselben die in ihrer Richtung vorkommenden horizontalen Lager der anschließenden Mauerschichte schneiden. Auf diese Weise greifen die horizontalen Schichten über die Wölbsteine und dürfen erst alsdann angeschlossen werden, wenn die Senkung des Gewölbes erfolgt ist. Damit nun die Mauerschichten an die entsprechenden Wölbsteine genau anschließen; so wird an den letzteren die Bearbeitung der zum Anschluß dienenden senkrechten Stoßfugen und ebenso der horizontalen Lagerfugen ebenfalls erst nach erfolgter Senkung des Gewölbes, vorgenommen.

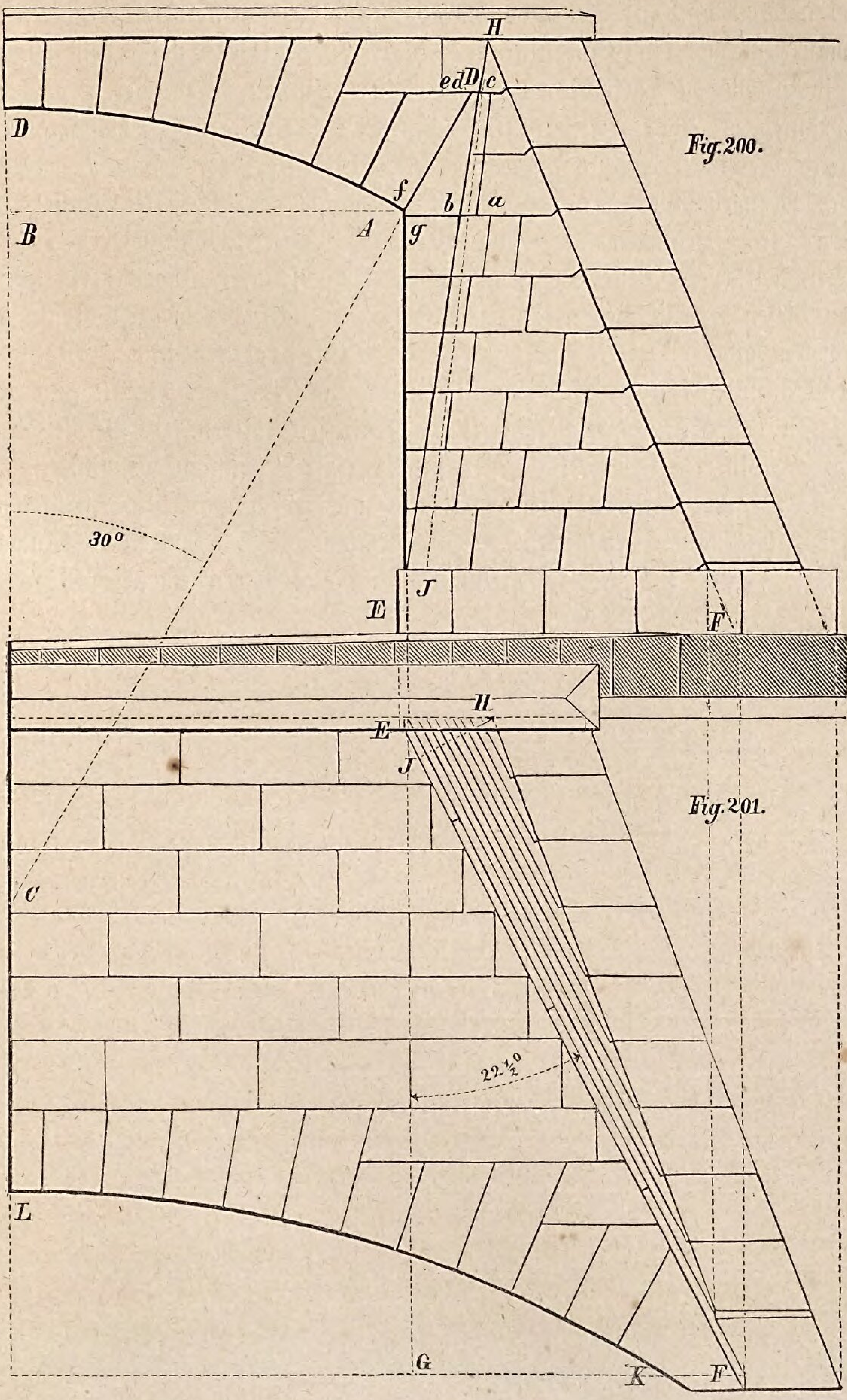
Das Heraustragen der Wölbsteine ist selbst an den Stirnen höchst

einfach und durch nichts von dem bereits besprochenen Heraustragen der Steine eines Mauerbogens in gerader Mauer verschieden. Wir werden deßhalb zur Vermeidung von Wiederholungen das Heraustragen von Wölbsteinen bei geraden Tonnengewölben nur alsdann besprechen, wenn dabei bis jetzt noch nicht betrachtete Steinformen vorkommen, welche es nöthig erscheinen lassen.

Ein zweites Beispiel von einem geraden Brückenbogen geben wir in den Fig. 200 bis 203. Wie aus Fig. 200, welche die Stirnansicht zur Hälfte darstellt, zu ersehen, ist das Gewölbe ein flaches Stichbogengewölbe, dessen Bogenlinie aus einem Mittelpunkte C mit einem Halbmesser AC beschrieben ist, welcher der Spannweite des Gewölbes a AC gleich ist, so daß der Centriwinkel an den Widerlagern aus 60 Grade hat. Es stellt demnach Fig. 200 das höchste Gewölbe dar, welches mit Sicherheit in Hausteinen ausführbar ist.

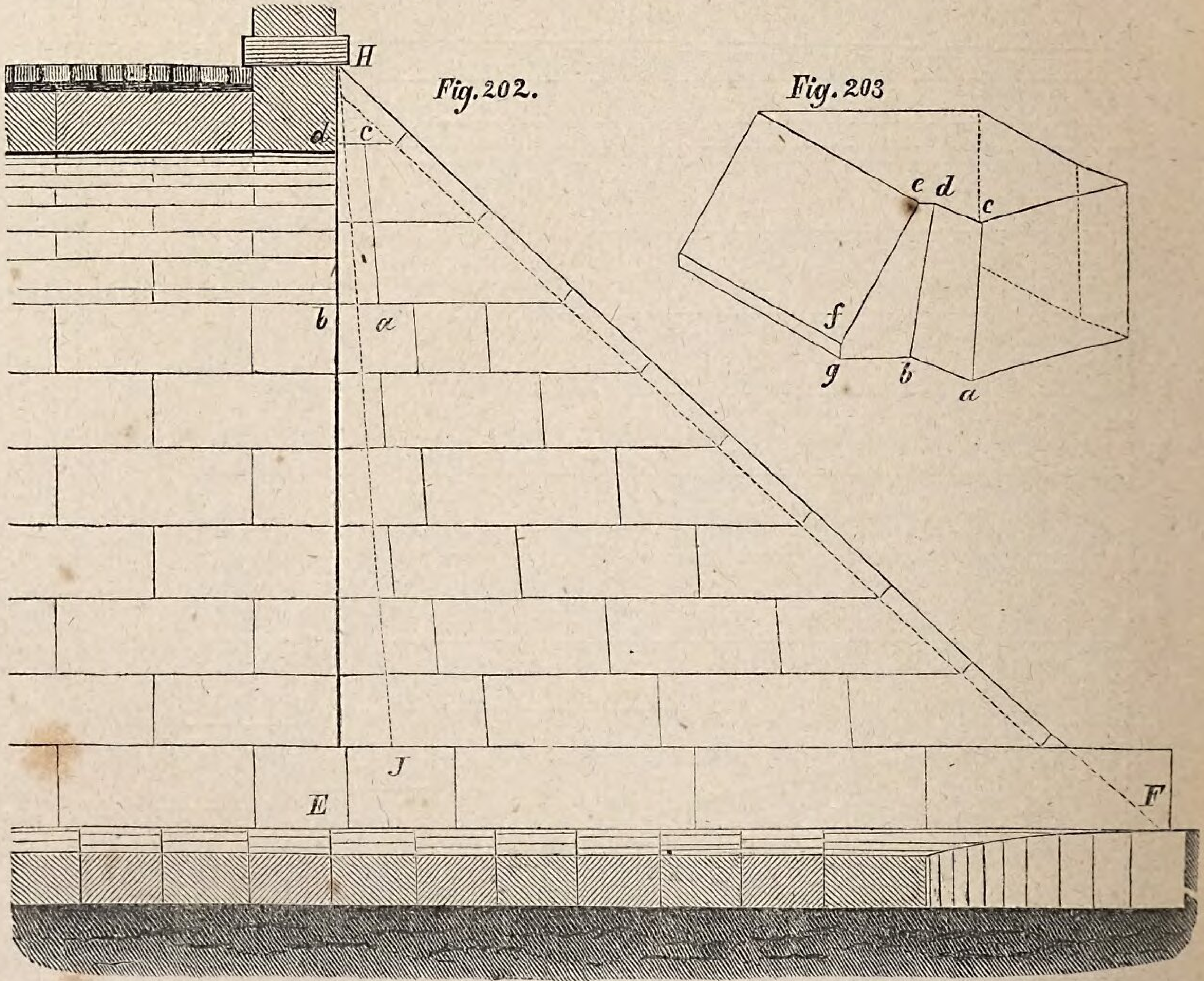
Wir haben diese flache Wölbung in unserem Beispiele gewählt, um wiederholt darauf aufmerksam zu machen, daß flachere Gewölbe, zumal bei Brücken und Viadukten, durchaus verwerflich sind. Wir sprechen dieß als einen Erfahrungssatz aus, zu dem wir durch die Untersuchung von Gewölben berichtigt sind, welche mit der größten Genauigkeit ausgeführt, demohngeachtet aber an vielen Stellen, und zwar sehr ungleich, gewichen sind, weil bei zu flacher Wölbung die Lagerflächen der Wölbsteine zu wenig divergiren, um bei Erschütterung des Gewölbes die Steine gegen das Herabgleiten zu sichern.

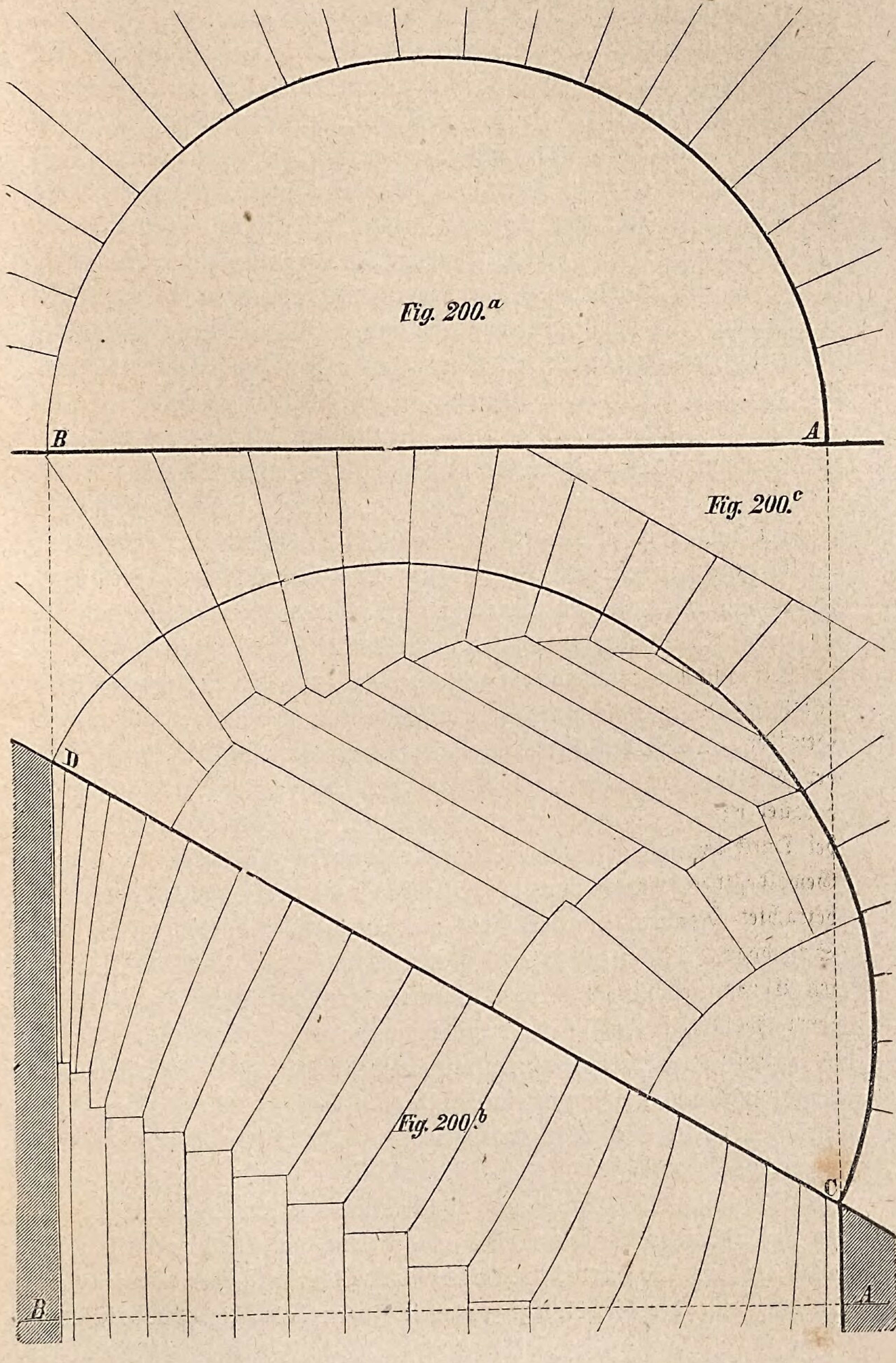
An die Stirnseiten des Brückenkörpers schließen sich Flügelmauern an, welche nicht mit den Widerlagsmauern parallel, sondern in ihrer Richtung gegen die Stirnen nach außen erweitert und so geführt sind, daß sie beiderseits in ihren Grundlinien EF gegen die verlängerten Grundlinien der Widerlagsmauern EG einen Winkel von $22\frac{1}{2}$ Graden einschließen. Diese Flügelmauern haben in ihrer äußeren Flucht nach der Länge eine Böschung, deren Ausladung IH den achten Theil ihrer senkrechten Höhe beträgt, und ihre Stirnen liegen in den Ebenen der Böschung des Straßendamms. Die Länge der Flügelmauern hängt sonach von der Höhe des Straßendammes und dem Neigungswinkel der Böschungen desselben ab, und wird gefunden, wenn man in dem senkrechten Durchschnitt nach der Längenachse der Brücke, welchen wir in Fig. 202 geben, den Neigungswinkel der Böschung anträgt und die Böschungsseite FH bis zur Grundlinie der Flügelmauer führt. Trägt man die Entfernung EF aus Fig. 202 an die im Grundrisse Fig. 201


H
e d D c
D
Fig. 200.
f
b
a
B
A
g
30°
J
E
F
H
E
J
Fig. 201.
C
22½°
L
G
K
F

punktirt eingezeichnete verlängerte Grundlinie der Widerlagsmauern von E nach G an, und zieht sodann über G eine Parallele mit der Stirnmauer bis sie die Grundlinie der Flügelmauer in F schneidet; so haben wir in EF die gesuchte Länge der Flügelmauer, zu welcher der Vorsprung des Sockels noch hinzugerechnet wird. Die Linie FH Fig. 201 stellt die in der Böschungsebene des Straßenkörpers befindliche Kante des Mauerhauptes dar, mit welcher die Kante der Rückseite parallel ist. Da die Stirnseiten der Flügelmauern in den Böschungsebenen des Straßenkörpers liegen; so werden die Fugenschnitte der Mauerschichten an diesen Stirnflächen parallel mit den erzeugenden Linien der Böschungsebenen angenommen, damit die Schnittlinien gerade und horizontale Linien sind. Gegen die horizontalen Fugen der Meuerschichten sind die Fugen der Steine, welche Theile der Stirnseite bilden, zur Vermeidung spitzer Winkel rechtwinkelig gegen die geneigte Stirnfläche geschnitten, so daß die gebrochenen Lagerfugen einen Hakenverband an den Stirnseiten der Flügelmauern herstellen. Die Stirnmauern sind mit den Flügelmauern aufs innigste zu verbinden, und es darf beim Anschluß de

Fig. 202. Fig. 203




Fig. 200.a
B
A
Fig. 200.c
D
C
Fig. 200.b
B
A

Flügelmauern nach der Linie EH durchaus keine Stoßfuge vorkommen. Wir geben in Fig. 203 die perspectivische Ansicht eines Widerlagersteins in der Gewölbestirn, welcher zugleich mit einem Winkel in die anschließende Flügelmauer übergreift, wie dieß bei allen in der Richtung der Linie EH vorkommenden Steinen, und zwar mit Berücksichtigung eines zweckmäßigen Längenverbandes durch wechselnde Stoßfugen, sowohl nach der Richtung der Flügelmauer als auch nach der Richtung der Widerlags- und Stirnmauer, beobachtet werden muß. Wir haben in unsrem Beispiele von einer Brücke mit Flügelmauern angenommen, daß das Fluthbett ebenfalls aus Hausteinen construirt und durch Quaderschichten gebildet sei, welche an beiden Enden durch Flachbogen abgeschlossen werden. Aus Fig. 201, welche den Grundriß einer Flügelmauer mit der Hälfte des von zwei Flügelmauern seitlich begrenzten Fluthbettes darstellt, wird die Anordnung des letzteren zur Genüge ersehen werden können.

Indem wir hiermit unsere Betrachtung über gerade Brückenbogen schließen und uns zu den schiefen Brücken, deren Stirnen nicht rechtwinklig gegen die mit den Widerlagern parallelen Achsen gerichtet sind, wenden, gedenken wir in Kürze einer früher beinahe allgemein im Gebrauche gewesenen Anordnung des Fugenschnittes schiefer Gewölbe, welche zur Zeit nur noch ausnahmsweise Geltung hat. Es ist dieß die Beibehaltung des Fugenschnittes von den Widerlagern aus wie bei geraden Gewölben, so daß der Grundbogen senkrecht gegen die Widerlager, und der aus der Eintheilung des Grundbogens sich ergebende Fugenschnitt parallel mit den Widerlagern angenommen wird. Zur Vermeidung der bei Durchführung dieses Fugenschnitts enstehenden spitzen Winkel an den Gewölbestirnen wurde nun der Stirnbogen für sich, als Grundbogen betrachtet, besonders eingetheilt und mit normal auf die Bogenlinie des Stirnbogens gerichteten Fugen in senkrecht auf die Stirnfläche gerichteten Ebenen geschnitten. Wo die senkrecht auf die Stirnflächen gerichteten Fugen mit den in ihrer Richtung zunächst vorkommenden Fugen des geraden Gewölbes zusammentrafen, suchte man durch eine schickliche Anordnung der Stoßfugen einen Verband durch Verwechseln derselben von einem Theil der verschieden geschnittenen Gewölbe in den andern zu erreichen.

Die Fig. 200a, 200b und 200c stellen eine derartige Anordnung des Fugenschnittes von einem schiefen Gewölbe dar, und zwar ist Fig. 200a der Grundbogen des Gewölbetheils, welcher nach der angegebenen Theilung mit der Gewölbeaxe parallele Fugen hat; Fig. 200b ist der

Grundriß des Stirnbogens mit senkrecht gegen die Stirnmauer gerichteten Fugen, nebst Angabe der Stoßfugen bei dem Zusammentreffen der Lagerfugen des Stirnbogens und des Tonnengewölbes; Fig. 200c ist der Grundbogen an der schiefen Gewölbestirn, mit der Ansicht der Leibung des Gewölbes, aus welcher gleichfalls die Anordnung der genannten Stoßfugen zu ersehen ist.

Bei dieser Anordnung bilden die Leibungsflächen mit den Lagerflächen der schief über die Cylinderfläche des Gewölbes geführten Wölbsteine der Stirnbogen spitze Winkel. Da nun außerdem die Bearbeitung sowohl wie das Versetzen dieser Stirnbogensteine überaus schwierig ist, auch bei dem ungleichen Senken zweier so heterogenen Bestandtheile des Gewölbes bei einigermaßen bedeutender Spannweite unfehlbar an den Anschlußstellen derselben Trennungen entstehen; so erklärt sich daraus die so selten und nur in sehr wenigen Fällen gerechtfertigte Anwendung dieser Construction.

Das vollkommenste schiefe Gewölbe wäre ein solches, dessen durchlaufende Fugenflächen in jedem Punkte senkrecht auf der Stirnfläche und zugleich normal auf der Leibungsfläche stünden. Es würden die Wölbschichten eines solchen Gewölbes am gleichmäßigsten der Belastung widerstehen. Diese vollkommene Construction schiefer Gewölbe kann jedoch nicht in allen gegebenen Fällen erreicht werden, zumal wenn die Breite der Gewölbe im Verhältniß zu ihrer Spannweite eine so geringe ist, daß nur wenige Wölbschichten unmittelbar auf die Widerlager treffen.

Wir geben in Fig. 204 die Ansicht und in Fig. 205 den Grundriß eines schiefen Gewölbes, bei welchem die Lagerfugen zwar von der senkrechten Richtung abweichen, dabei aber so geführt sind, daß an beiden Stirnen die eine Hälfte der Wölbschichten unmittelbar auf den Widerlagern des nicht sehr breiten Gewölbes ruhen. Die unbedeutende Abweichung der Fugenrichtung gegen die Stirnfläche vom rechten Winkel ist weniger nachtheilig für die Festigkeit des Gewölbes, als wenn bei genau rechtwinkeliger Führung derselben eine geringere Anzahl von Wölbschichten sich von den Widerlagern erhoben hätte. Die Stoßfugen, welche parallel mit den Stirnbogen angenommen sind, bilden bei allen Wölbsteinen, sowie bei den Widerlagssteinen für jede Schichte, genau Theile des parallel mit den Stirnen angenommenen Grundbogens. In der mit den Widerlagern parallelen Achse des Gewölbes befinden sich die Mittelpunkte C, C′, C″ u. s. w. für die verschiedenen Stoßfugen. Die Widerlagersteine greifen, da sie sowohl die Lager- als auch die Stoß-

flächen für die anschließenden Schichten enthalten, in das Gewölbe ein, und werden Reiter genannt. An den stumpfwinkeligen Seiten der Wider=

Fig. 207.

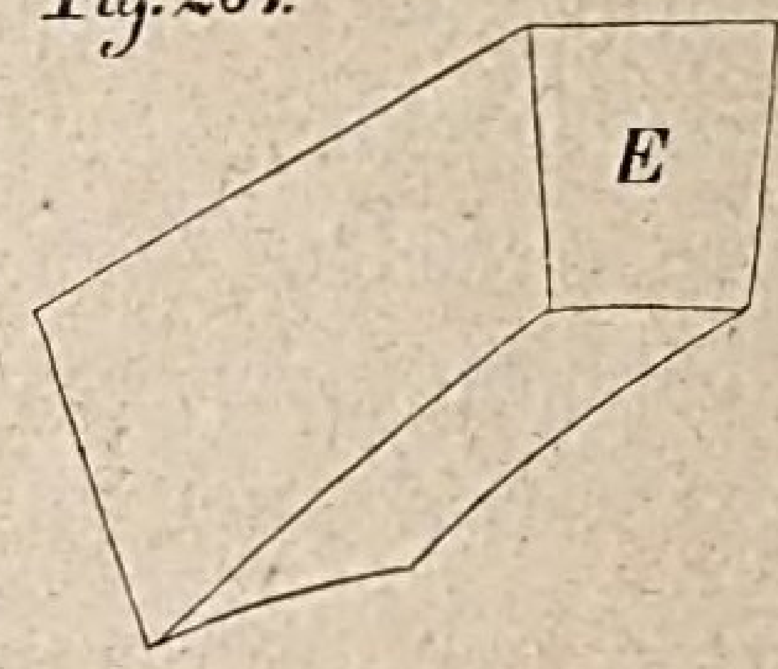
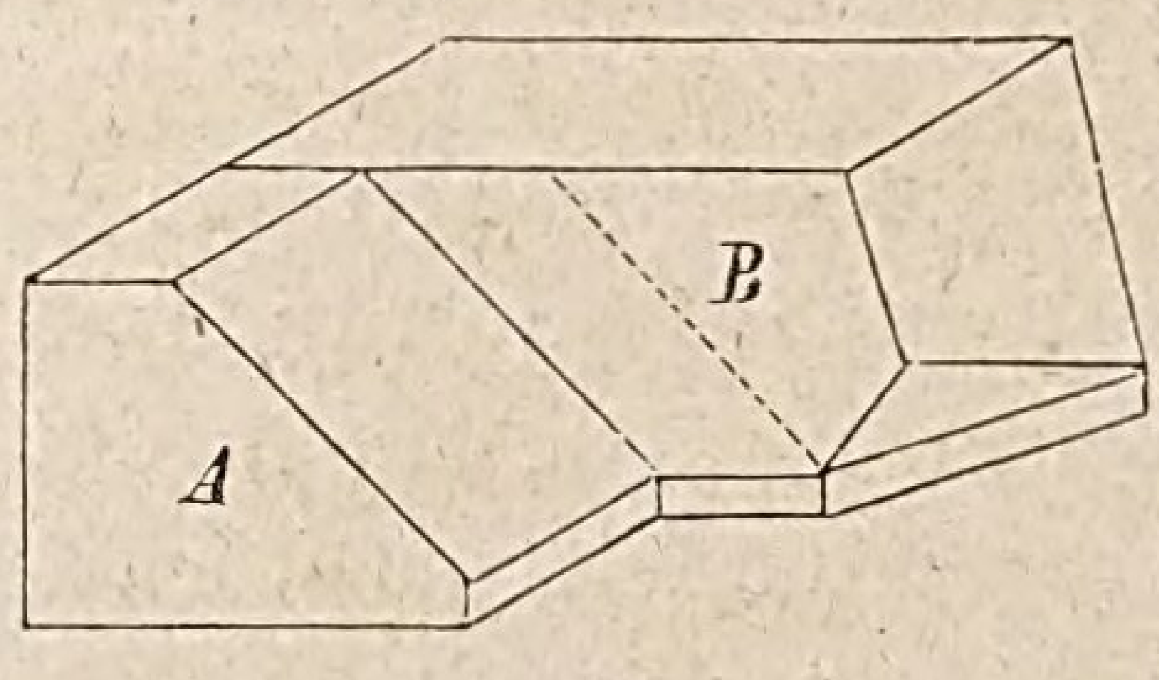


Fig 206.



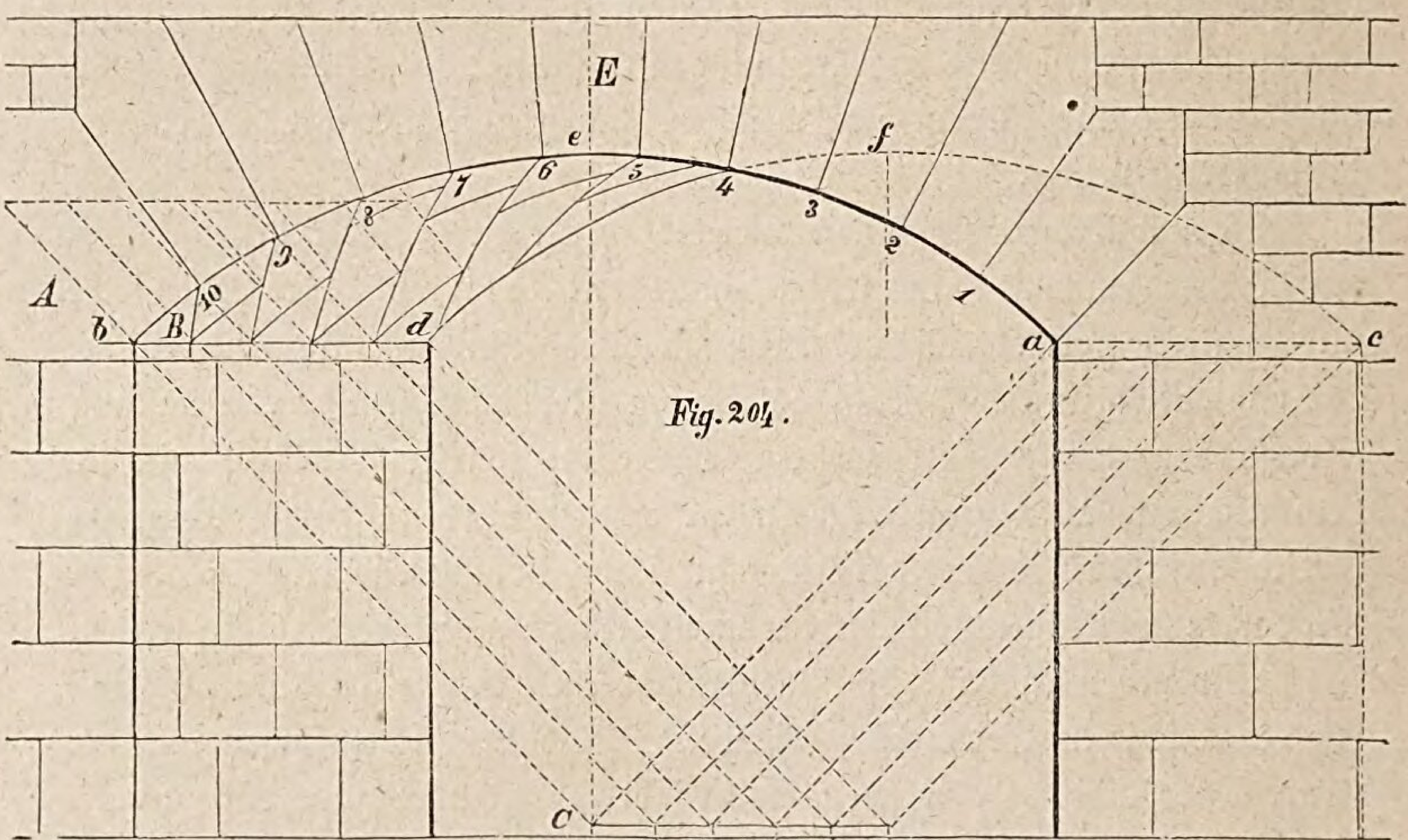


Fig. 204.

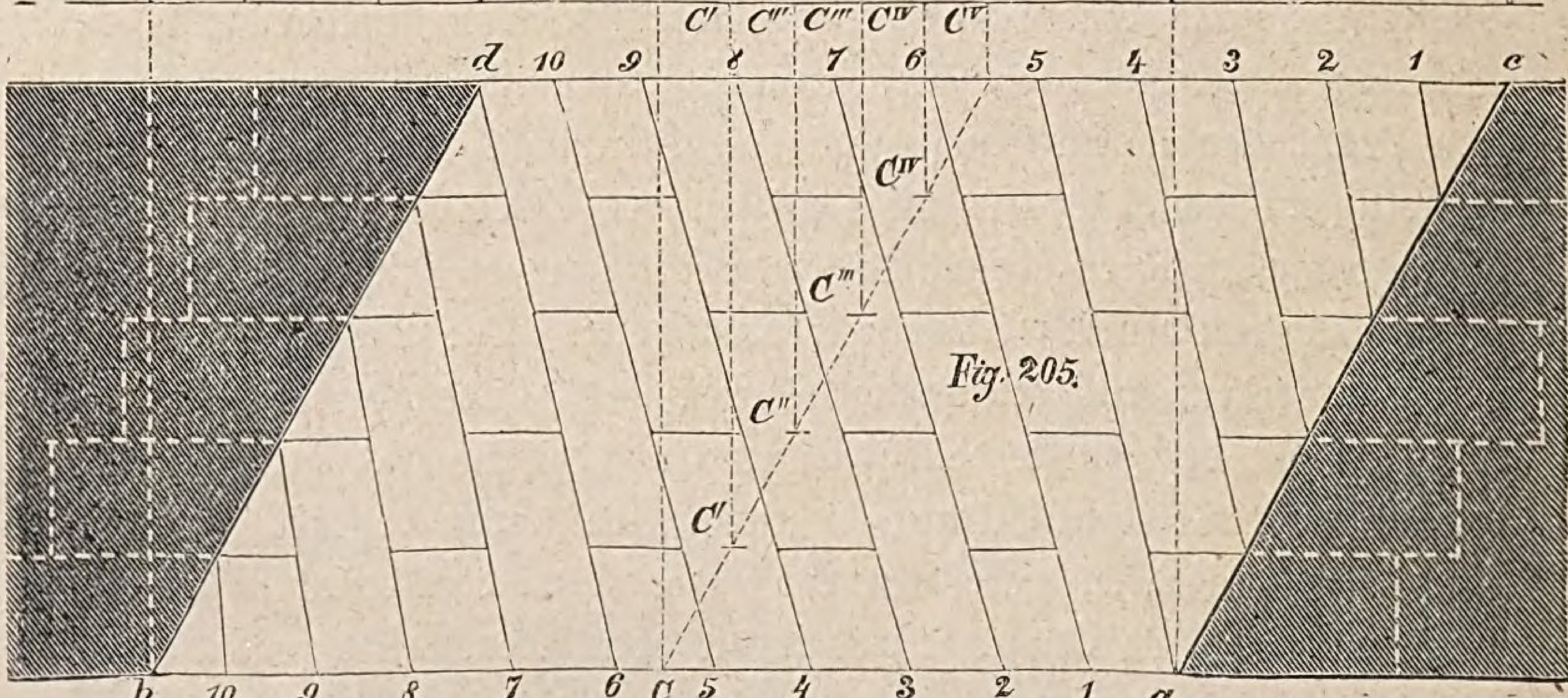


Fig. 205.

lager haben die Widerlagersteine die gewöhnliche Form der Widerlagersteine von geraden Gewölben, auf welchen die Lagerfugen der Gewölbeanfänger rechtwinkelig gegen die Stirn gearbeitet sind; die übrigen Widerlagersteine bilden die in die Gewölbfläche eingreifenden Reiter. Die Fig. 206 stellt einen Widerlagerstein an der stumpfwinkeligen Seite der Widerlager und den zunächst diesem befindlichen Reiter dar. Einen Schlußstein der Stirnbogen geben wir in Fig. 297. Die Schnittlinien der gewundenen Schichten bilden Curven und die Lagerflächen, welche von allen Punkten der Fugen normal auf die durch diese Punkte geführten Grundbogen gerichtet sein müssen, sind windschiefe Flächen. Um die Schnittlinien, sowie die wirklichen Breiten der Schichten zu erhalten, muß man die Gewölbfläche abwickeln, das heißt man muß die wirkliche Größe derselben auf einer ebenen Horizontalfläche ausgebreitet verzeichnen. Trägt man nun die Schnittpunkte der Fugen an den beiden Stirnseiten sowohl, als auch jene, welche in die Kämpferlinien der Widerlager fallen, genau an und verbindet die zusammengehörigen Endpunket der Fugen durch gerade Linien; so erhält man die Fugenschnitte an der Leibung, sowie die verschiedenen Breiten der Schichten. Die Fugenschnittlinien an der Abwickelung sind zwar nicht ganz genau gerade Linien; die Krümmung derselben ist aber bei flachen Gewölben so unbedeutend, daß man die geraden Linien ohne Nachtheil als die Fugenschnittlinien annehmen kann. Nach den Schnittlinien der Abwickelung ist es leicht, dieselben in den Musterriß überzutragen und zu verzeichnen. Sind die Fugenschnitte an dem Musterrisse Fig. 204 verzeichnet; so können aus diesem und aus der im Grundrisse Fig. 205 eingezeichneten Länge der Steine die einzelnen Steine herausgetragen werden. Immerhin ist die Ausführung schiefer Gewölbe mit gewundenen Schichten schwierig. Bei schiefen Gewölben, deren Grundbogen ein Halbkreis oder eine Ellipse ist, bilden die Fugenschnitte in der Abwickelung der Gewölbefläche keine geraden Linien. Diese krummen Linien werden durch Berechnung bestimmt, nach Gleichungen, welche für jede besondere Form der Gewölbe besonders entwickelt werden müssen.

Da die mathematische Lösung solcher Aufgaben nicht als Gegenstand eines praktischen Handbuches betrachtet werden kann; so verweisen wir auf umfassende Werke über die so wichtige Construction schiefer Gewölbe, von denen wir „Heider, Theorie schiefer Gewölbe, Wien, 1846“ und F. Bashforth, praktische Anweisung zur Construction schiefer Brücken, Weimar, 1851“ besonders empfehlen.

Weit geringere Schwierigkeit wie die letzterwähnten schiefen Gewölbe mit gewundenen Schichten bieten die Zonen- oder Gurtgewölbe

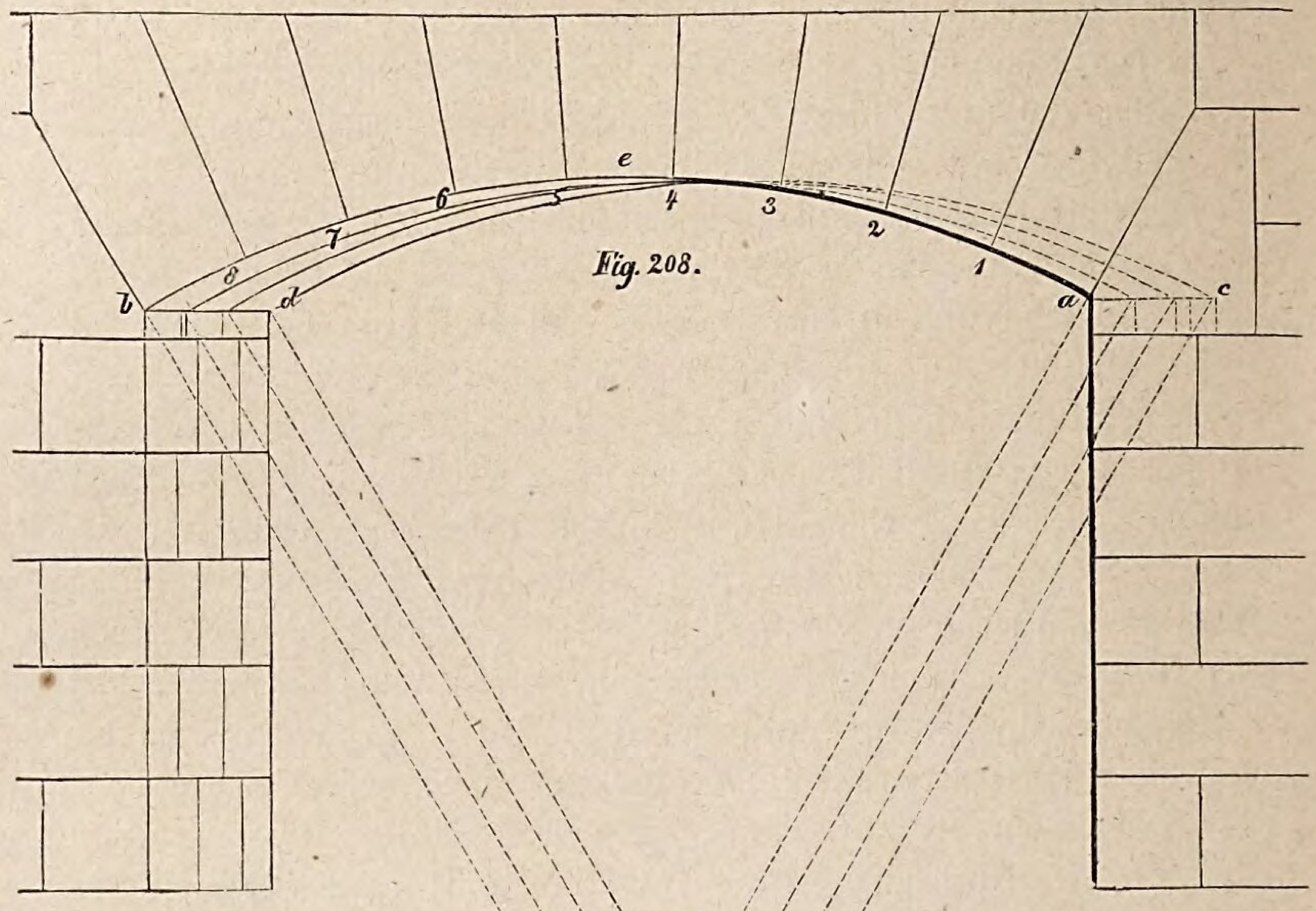


Fig. 208.

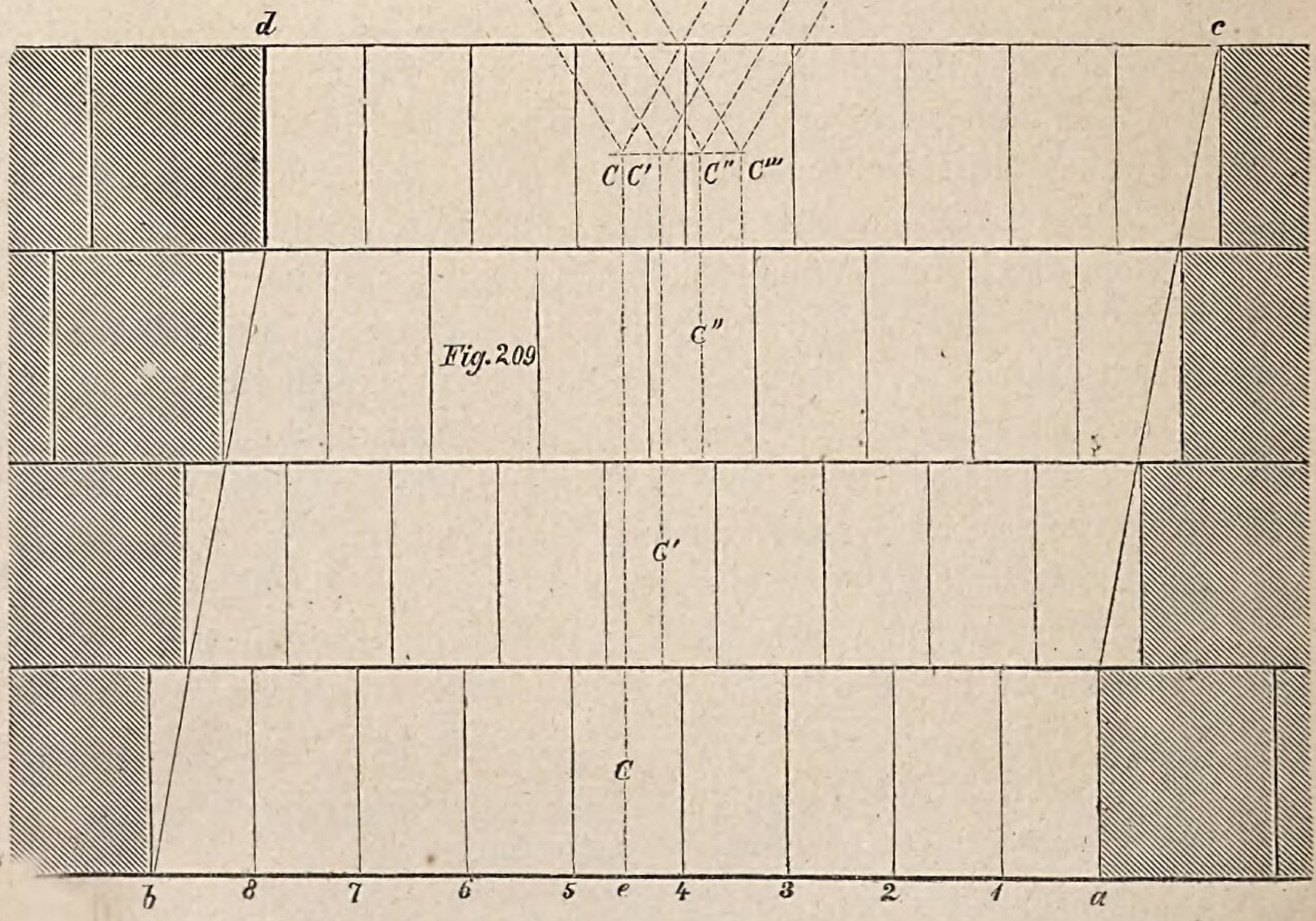


Fig. 209

in der Ausführung dar. Ein solches Gewölbe besteht seiner Breite nach aus mehreren Tonnengewölben, welche neben einander gereiht und nach gleichen Grundbogen gewölbt werden. Diese einzelnen Gurten oder Zonen bilden sowohl in der Horizontalebene der Widerlager, als auch in jedem senkrechten Querschnitte gegen die Stirnen Abtreppungen gegeneinander. Wo diese Abtreppungen stattfinden dürfen, wie dieß namentlich beim Brückenbau der Fall ist, wo die Ansicht der Gewölbfläche keinen Schönheitsforderungen Genüge zu leisten hat, verdienen diese Gewölbe in Betracht ihrer Einfachheit und der Leichtigkeit in der Ausführung vor den in den vorhergehenden Beispielen erwähnten Constructionen unbedingt den Vorzug.

Die Fig. 208 gibt die Ansicht und 209 den Grundriß eines solchen Stichbogengewölbes, welches aus vier gleichbreiten Zonen besteht. Zur Vermeidung spitzwinkeliger Ecken an den Stirnmauern sind die Widerlager an den Stirnen bei a und d auf die Breite der Stirnzonen, von deren in die schiefen, Kämpferlinien treffenden Hinterkanten aus, rechtwinkelig gegen die Stirn senkrecht abgestutzt. Diese Art von schiefen Gewölben ist so einfach, daß nach Ansicht der Darstellung eines solchen in den Fig. 208 und 209 jede weitere Auseinandersetzung überflüssig erscheint. Da die einzelnen Zonen jede für sich und unabhängig von den andern gewölbt werden; so ist auch nicht geradezu erforderlich, daß ihre Widerlager sich in einer und derselben Horizontalebene befinden. Es können sonach die für jede einzelne Zone in einer Horizontalebene liegenden Widerlager, von Zone zu Zone an- oder absteigend angeordnet, und vermittelst dieser Anordnung ohne alle Schwierigkeit an- oder absteigende schiefe Gewölbe hergestellt werden.

Zehnter Abschnitt.

Von den Klostergewölben.

Denkt man sich zwei Tonnengewölbe der Art zur Ueberwölbung eines Rechtecks ABCD nach Fig. 211 im Grundriße, daß das eine über den Mauern AB und CD, und das andere über den Mauern AC und BD angebracht sei, und daß ferner diese zwei Tonnengewölbe sich so durchschneiden, daß die Diagonalen AC und BD die Horizontalprojectonen ihres Durchschnitts sind, und die Entstehungslinien der Wölbflächen in

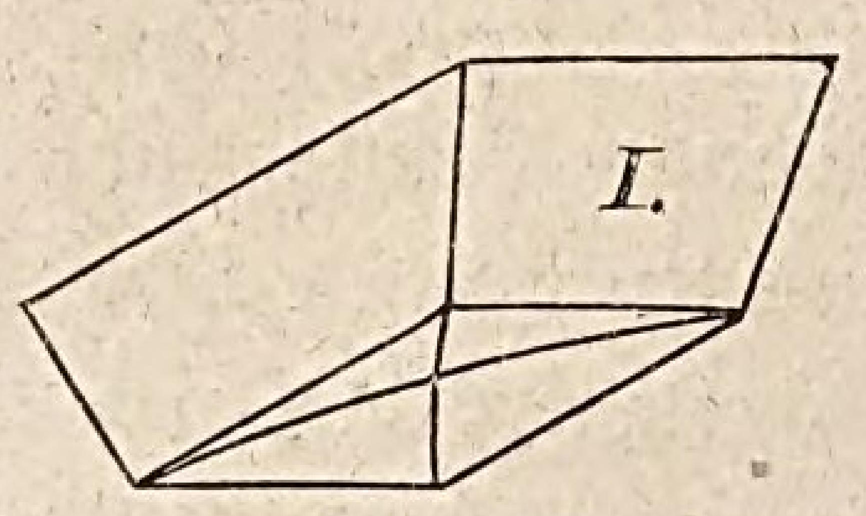


Fig. 213

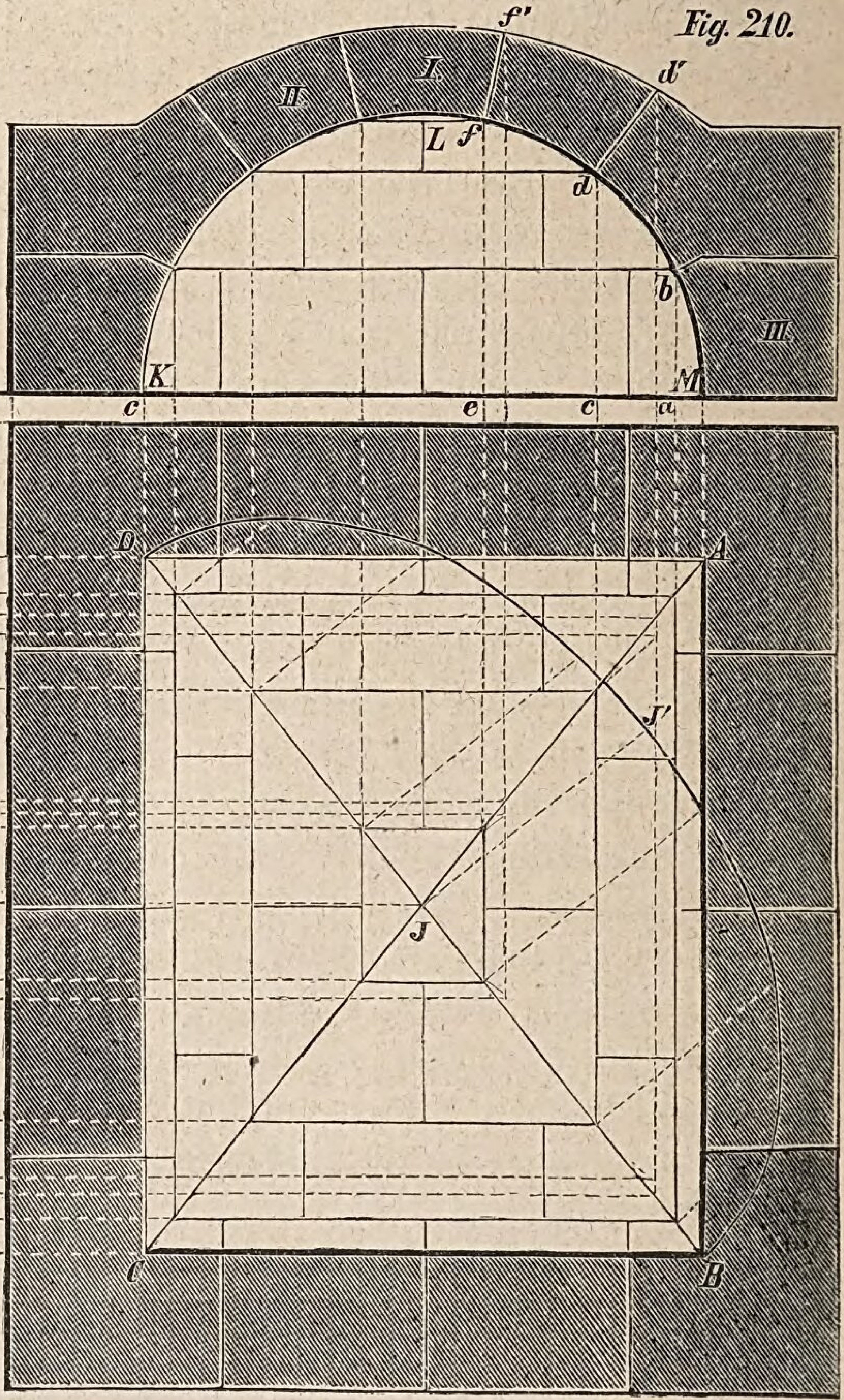


Fig. 210.

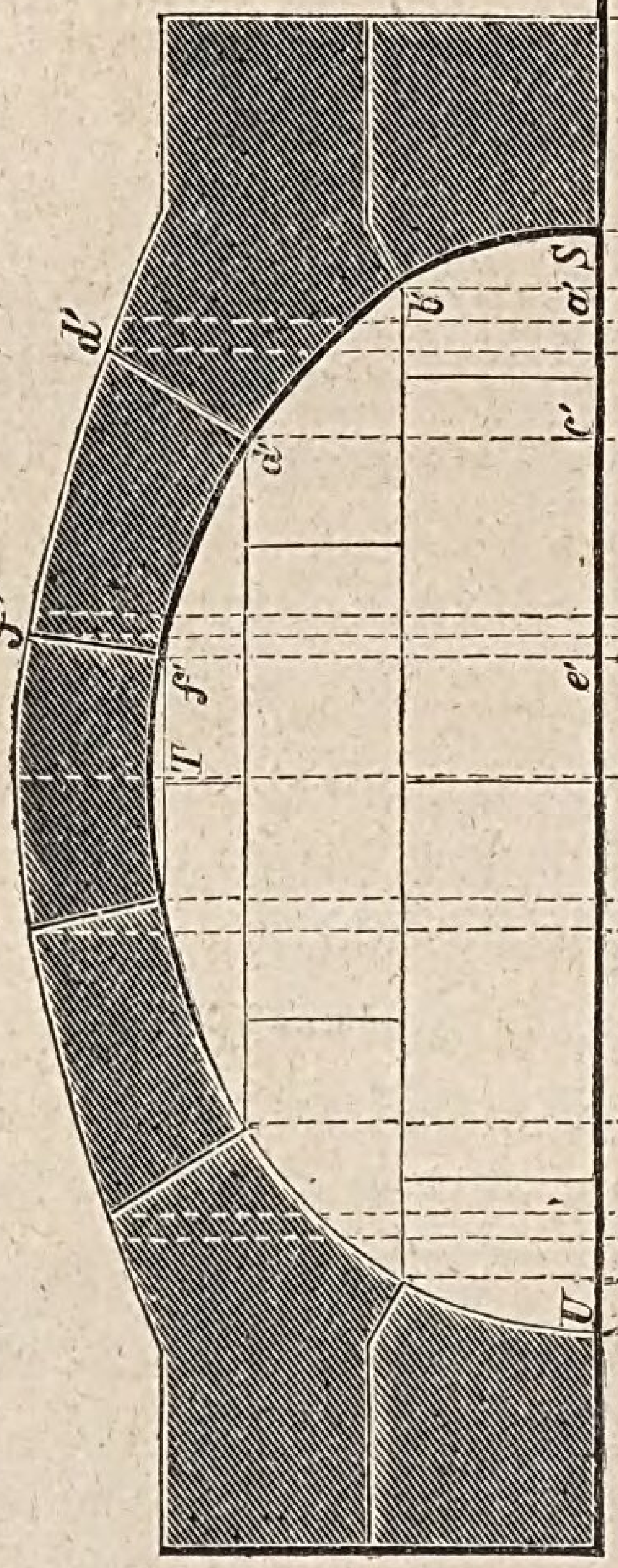


Fig. 212.

Fig. 211.

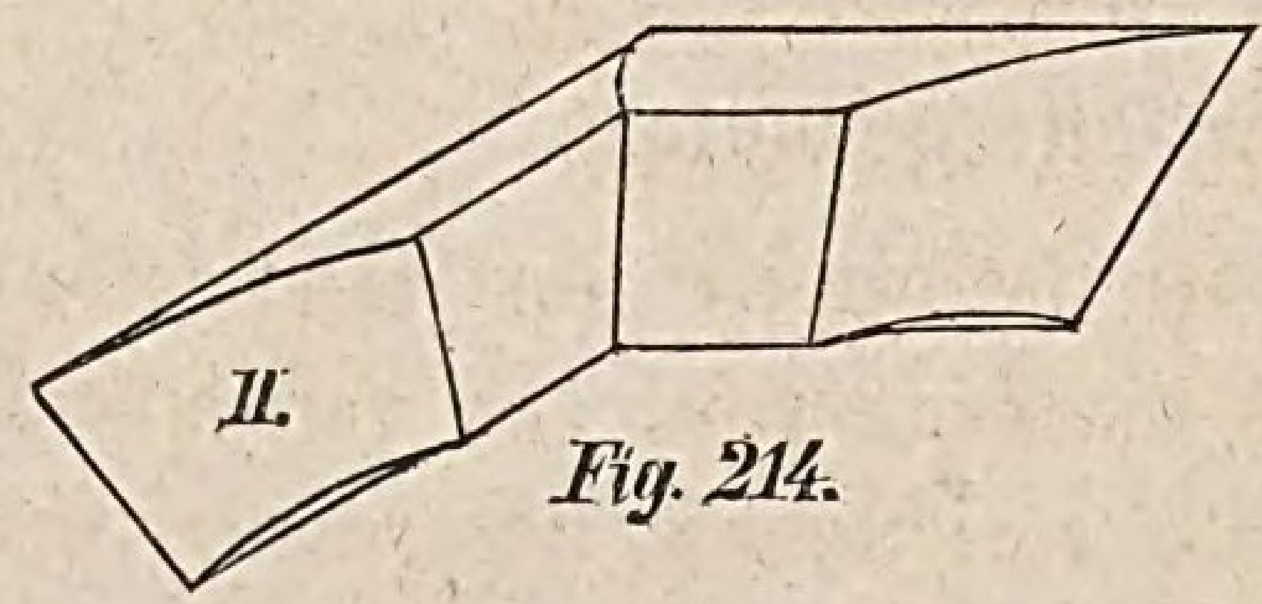


Fig. 214.

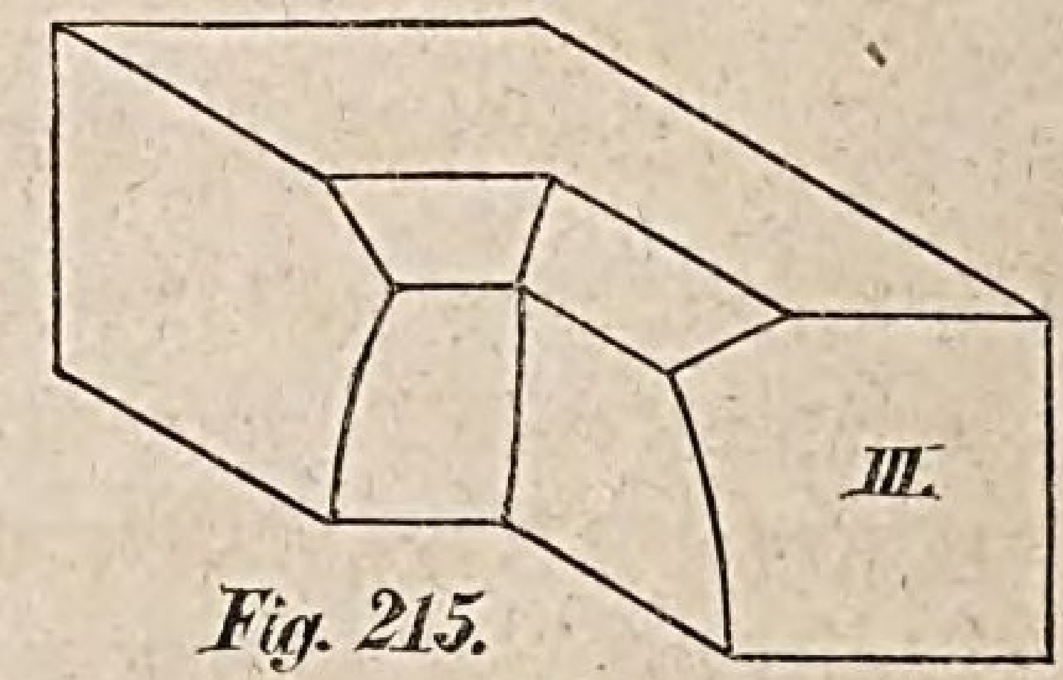


Fig. 215.

derselben Horizontalebene liegen; so entsteht aus dem Zusammentreffen dieser beiden Tonnengewölbe eine Gewölbeart, welche man allgemein Klostergewölbe nennt.

Sind die Durchmesser der sich schneidenden Tonnengewölbe gleich; so sind es die Grundbogen derselben auch; sind aber diese Durchmesser ungleich; so sind es die Grundbogen ebenfalls. Einer der Grundbogen kann willkührlich gegeben sein, der andere aber hängt von dem gegebenen und von der Bedingung ab, daß die Horizontalprojection des Durchschnitts der beiden Tonnengewölbe die Diagonalen des Rechtecks sind, über welchem das Gewölbe angebracht ist.

Die Theile der Tonnengewölbe, welche in ihrer Zusammensetzung die Klostergewölbe bilden, werden Wangen genannt, und es werden nach diesen charakterisiischen Bestandtheilen alle Gewölbe, welche nur aus Wangen von Tonnengewölben bestehen, deren Horizontalprojectionen ihrer Durchschnitte in einem Punkte zusammentreffen, zu den Klostergewölben gezählt. Hiernach kann ein Klostergewölbe über Mauern errichtet werden, deren Grundriße nach den inneren Seiten des zu überwölbenden Raumes ein regelmäßiges Vieleck von einer beliebigen Anzahl Seiten bilden.

Welches nun das Vieleck des Grundrißes von dem Raume, welcher durch ein Klostergewölbe überwölbt werden soll, sein mag; so müssen die Horizontalprojectionen der jedesmal in einer Horizontalebene liegenden Fugen dieses Gewölbes ähnliche Vielecke bilden, die in einander liegen und deren Seiten parallel sind mit den Widerlagern. Bei der Kuppel, welche nach dem Angeführten als ein Klostergewölbe zu betrachten ist über einem Raume, dessen Umfangsmauern im Grundriß einen Kreis bilden, erscheinen die Horizontprojectionen der Fugen als concentrische Kreise.

Als Beispiel eines einfachen Klostergewölbes nehmen wir an, das Rechteck ABCD Fig. 211 sei der Grundriß der inneren Mauerseiten des Raumes, welcher mit einem Klostergewölbe überwölbt werden soll, und der Halbkreis KLM sei der Grundbogen des über den entgegengesetzten Seiten AB und DC zu errichtenden Tonnengewölbes. Wie bereits bekannt, sind die Diagonalen AC und BD die Horizontalprojectionen der Durchschnitte der beiden Tonnengewölbe, aus welchen das Klostergewölbe besteht. Aus dieser Annahme und aus der weiteren Bedingung, daß die Horizontalprojectioneu der Fugen ähnliche Rechtecke bilden müssen, die in einander liegen und deren Seiten parallel mit den entsprechenden Widerlagern sind, ergiebt sich die Verzeichnung des Musterrißes. Hat man nämlich den Grundbogen KLM Fig. 210 in so viele gleiche Theile getheilt, als das Gewölbe Schichten enthalten soll, und die Diagonalen durch die AC und BD gebildeten Scheitelwinkeln

des Rechtecks ABCD gezogen; so fällt man durch Senkrechte auf die Grundlinie KM die Horizontalprojectionen der Fugen an der Bogenleibung des Tonnengewölbes, dessen Grundbogen KLM ist, welche Projectionen zwischen den, von den Diagonalen AC und BD gebildeten Scheitelwinkeln DC und AJB enthalten sind; sodann verbindet man die Punkte wo diese Horizontalprojectionen die Diagonalen AC und BD treffen, durch gerade Linien, welche mit den Graden AD und BC parallel sind, und verlängert diese unbestimmt, jenseits der Graden DC. Diese Theile dieser letzteren geraden Linien, welche innerhalb der Scheitelwinkel EJD und BJC liegen, sind die Horizontalprojectionen der Fugen an der Bogenleibnng des zweiten Tonnengewölbes. Zieht man nun die Grundlinien SU Fig. 212 parallel mit der Seite DC im Grundriß, und macht über dieser die Ordinaten a′b′, cd′, e′f′, l′L′ beziehungsweise gleich den Ordinaten ab,cd,ef,lL des Bogens KLM, und zieht durch die Punkte S, b, d, f, T und U eine stetige krumme Linie; so ist dieselbe der Grundbogen, des zweiten Tonnengewölbes. Da wir zum Grundbogen des ersten Tonnengewölbes den Halbkreis angenommen haben, so wird der Grundbogen des zweiten Tonnengewölbes eine halbe Ellipse sein, welche in der Ausführung nach dem bekannten Verfahren vermittelst einer Schnur genau verzeichnet werden kann.

Zieht man hierauf in Fig. 212 durch die Punkte b, d, f u. s. w., welche die Verticalprojection der Fugen an der Leibung des zweiten Tonnengewölbes sind, Normale an die Ellipse STU; so erhält man die Fugenschnitte des zweiten Tonnengewölbes.

Ist der Rücken OPQ des ersten Gewölbes bestimmt; so erhält man den Rücken xyzw des zweiten, wenn man die Fugenschnitte an dem Rücken des ersteren in den Grundriß auf dieselbe Weise anträgt und an den Schnittpunkten derselben an den Diagonalen AC und BD die Fugenschnitte des anderen Gewölbes parallel mit den AD und BC zieht, unbestimmt als Senkrechte auf die Grundlinie NU verlängert und oberhalb dieser Grundlinien die Ordinaten der entsprechenden Schnittpunkte der Fugen gleich denen des ersten Bogens macht; sodann werden über die angetragenen Höhenpunkte der Ordinaten Horizontale bis zur entsprechenden Fuge geführt, und wo diese Horizontalen die Fuge schneiden, da befinden sich die Punkte, welche durch eine stetige krumme Linie unter sich verbunden werden, um die Mantelfläche des zweiten Gewölbes zu erhalten.

Es ergibt sich aus dem angegebenen Verfahren, daß die Horizon-

talprojectionen der Kanten von den Endpunkten der Fugenschnitte sich nicht auf den beiden Diagonalen AC und BD Fig. 211 durchschneiden und es ist dieß nur dann der Fall, wenn die beiden Tonnengewölbe einander vollkommen gleich sind, das heißt, wenn die Seiten des zu überwölbenden Raumes ein Quadrat bilden. Wir erhalten demnach erst alsdann die Horizontalprojectionen der Fugenschnitte an der Mantelfläche des zweiten Gewölbes, wenn wir von den gefundenen Schnittpunkten desselben Senkrechte bis zu den Horizontalprojectionen der Fugenschnitte des ersten Gewölbes führen. Verbinden wir nun die Schnittpunkte der äußeren Fugenschnitte durch gerade Linien, so erhalten wir die Horizontalprojectionen der Kanten von den Lagerflächen.

Um die krumme Linie DJB des Durchschnitts der cylindrischen Gewölbflächen zu erhalten, errichtet man Senkrechte auf die Diagonale CD an allen Punkten, wo die Horizontalprojectionen der Kanten an der Wölbfläche diese Diagonalen treffen; macht diese Senkrechten beziehungsweise gleich den Ordinaten a'b', c'd', e'f', l'L' u. s. w. des Bogens MLK, und zieht durch ihre Endpunkte eine stetige krumme Linie, welche nun die verlangte krumme Linie DJ'B des Durchschnitts der beiden Cylinderflächen in der Richtung der Diagonale BD darstellt.

Zum Verzeichnen der Wölbsteine bedient man sich der Abvierung, indem man aus dem Grundriß eine Schablone für die Form und Größe der Steine in ihrer Horizontalausdehnung, und weiter aus den Grundbogen der Gewölbe zwei Kopfschablonen herausträgt. Bei Winkelsteinen, welche von den Kanten aus durch Arme in zwei Tonnengewölbe eingreifen, werden zwei Kopfschablonen erforderlich, welche an die entsprechenden Stoßfugen der Arme angelegt werden; bei geraden Wölbsteinen dient dazu nur eine Kopfschablone, welche zur Verzeichnung an beiden Stoßfugen angelegt wird.

Ueber das Verzeichnen und Bearbeiten der Winkelsteine, deren Form aus den Figuren 213, 214 und 215, welche drei dieser Wölbsteine für die erste Schichte, die dritte Schichte und im Schlusse darstellen, ersehen werden kann, eine besondere Erklärung zu geben, erscheint überflüssig, da sich die Form dieser Winkelsteine von der Form der geraden Schichtsteine nur dadurch unterscheidet, daß die inneren Flächen der Leibung nicht durchgearbeitet werden; sondern sich im rechten Winkel schneiden, wobei sich in der Bearbeitung die Schnittlinie der beiden Flächen von selbst ergibt und nicht besonders herausgetragen zu werden braucht.

Sind die aneinanderstoßenden Seiten eines Rechtecks von einander

sehr verschieden; so würde für die langen Seiten ein sehr gedrückter Bogen entstehen und die Grathbogen der Diagonalbogen würden noch gedrückter erscheinen. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes wendet man ein von dem vorherbesprochenen Klostergewölbe abweichendes Klostergewölbe an, das aus einem Tonnengewölbe in der Mitte, welches die schmale Seite des Rechtecks zum Durchmesser hat und aus zwei Walmen von demselben Durchmesser besteht, welche letztere von den schmalen Seiten als Widerlager so errichtet werden, daß die Horizontalprojectionen der Durchschnitte der Walmen mit dem über die langen Seiten errichteten Tonnengewölbe gerade Linien bilden, welche die Winkel, wo die Seiten des Rechtecks zusammenstoßen, halbiren. Zur Unterscheidung werden derartige Klostergewölbe als Muldengewölbe bezeichnet.

Fig. 216.

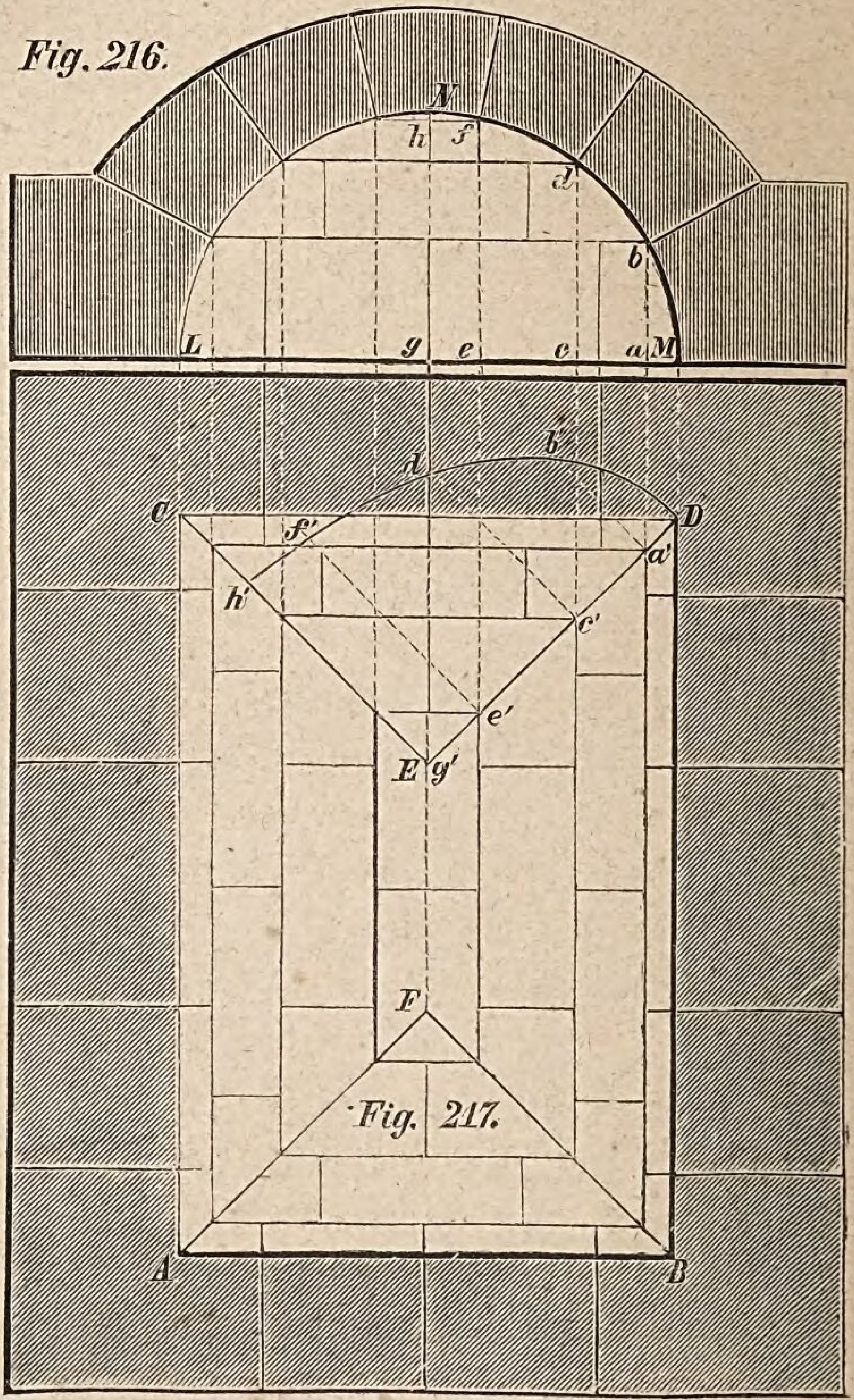


Fig. 217.

Die Fig. 216 stellt ein solches Gewölbe im rechtwinkeligen Querschnitt gegen die Langseiten und die Fig. 217 dasselbe Gewölbe im Grundrisse dar. Nach der Annahme, daß die Horizontalprojectionen der Durchschnitte der Walmen mit dem Tonnengewölbe die rechten Winkel der Mauerecke halbiren, wird der Grundbogen der Walmen derselbe sein, wie der des Tonnengewölbes; so daß die Fugenschnitte der Kappe in der Horizontalprojection von den Schnittpunkten der Fugenschnitte des Tonnengewölbes an den Horizontalprojectionen der Durchschnitie DI, CI und A F, BF parallel mit den schmalen Seiten AB

und CD gezogen werden. Der Musterriß des Tonnengewölbes entspricht zur Hälfte genau dem Musterrisse der Walmen; so daß von dem ersteren die Stirnschablonen für die Stoßfugen der Steine, wie für das Tonnengewölbe, so auch für die Walmen entnommen werden können. Das Verzeichnen des Musterrisses erklärt sich leicht aus der Fig. 116, so daß darüber, sowie über das Heraustragen und Bearbeiten der Grath- und Winkelsteine, weitere Bemerkungen überflüssig erscheinen.

Zuweilen werden große Räume nach einem Klostergewölbe so überwölbt, daß die Walmen im Scheitel eine Oeffnung in der Decke oder eine horizontale Decke selbst umschließen, so daß die Walmen gewissermaßen den Rahmen der horizontalen Decke bilden. Gewölbe dieser Art werden Spiegelgewölbe genannt. Wir geben in den Fig. 218 und 219 ein Beispiel von einem Spiegelgewölbe zur Ueberwölbung eines Raumes, welcher im Grundriß ein Quadrat bildet. Der Grundbogen der Tonnengewölbe, welche die Walmen bilden, ist ein Viertelkreis und für alle Seiten ein gleicher, so daß nach dieser Annahme die Horizontalprojectionen der Durchschnitte den rechten Winkel der Mauerecken halbiren. Der Spiegel bildet ein scheitrechtes Gewölbe und ist, zur schärferen Bezeichnung des Umschlusses, etwas vertieft angenommen.

Ist die Horizontalprojection EFGH des Spiegels in Fig. 219 bestimmt, so erhält man den Grundbogen der halben Tonnengewölbe, welche als Klostergewölbe den Spiegel umschließen, wenn man von G und H gegen die, parallel mit der Seite DC anzunehmende Grundlinie LO Fig. 218 Senkrechte fällt und von den Schnittpunkten V, V als Mittelpunkten Viertelkreise beschreibt, deren Durchmesser gleich VL und VO ist. Der zwischen den Senkrechten befindliche Theil MN wird durch eine gerade, mit der Grundlinie LO parallele Linie gebildet, welche entweder durch die Scheitelpunkte der Vertikalkreise, oder, wie in unserem Beispiele, etwas höher geführt wird.

Wie aus Fig. 218, welche den Grundbogen und zugleich den Durchschnitt des Spiegelgewölbes nach der Linie IK darstellt, ersichtlich ist, werden die Grundbogen der Klostergewölbe als einhüftige in eine beliebige Anzahl von Wölbsteinen getheilt, welche an der Leibung eine gleiche Breite haben und es werden die Fugen nach den zugehörigen Mittelpunkten V gezogen; beim Spiegel aber, welcher ein scheitrechtes Gewölbe bildet, muß die Linie MN in eine ungerade Anzahl von gleich großen Theilen eingetheilt und es müssen von den Theilpunkten aus die Fugenschnitte nach dem für das scheitrechte Gewölbe anzunehmenden Mittel-

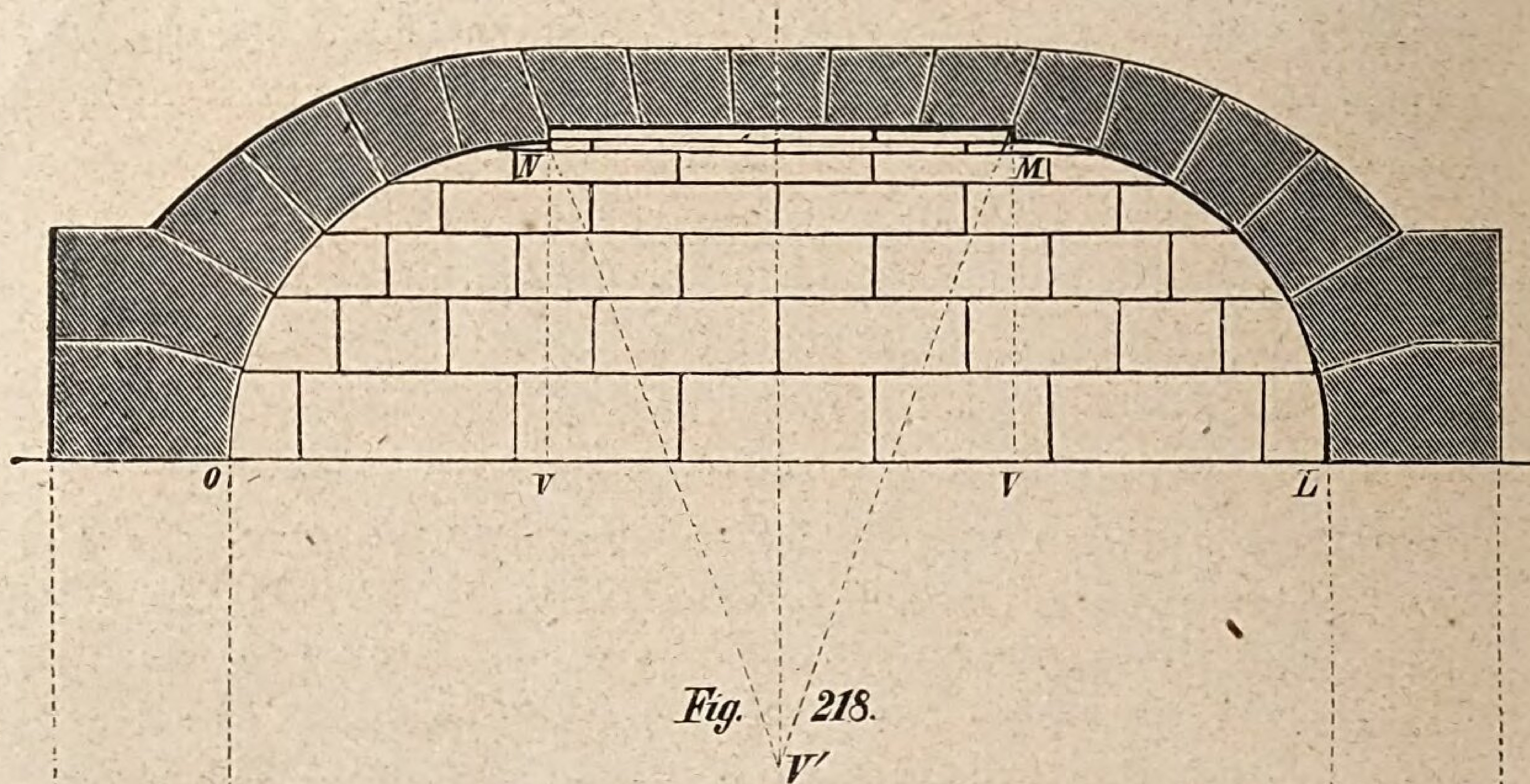


Fig. 218.

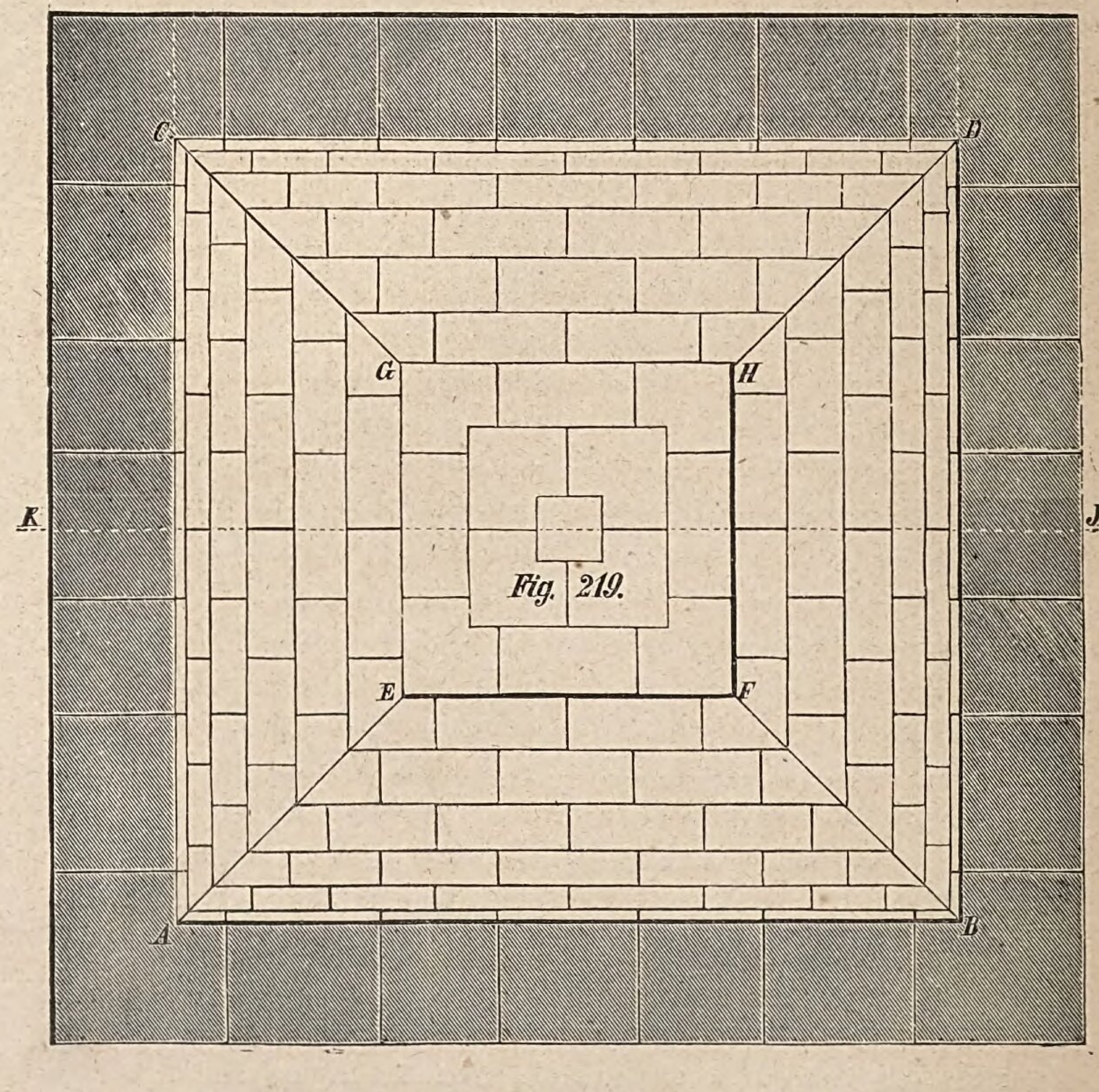


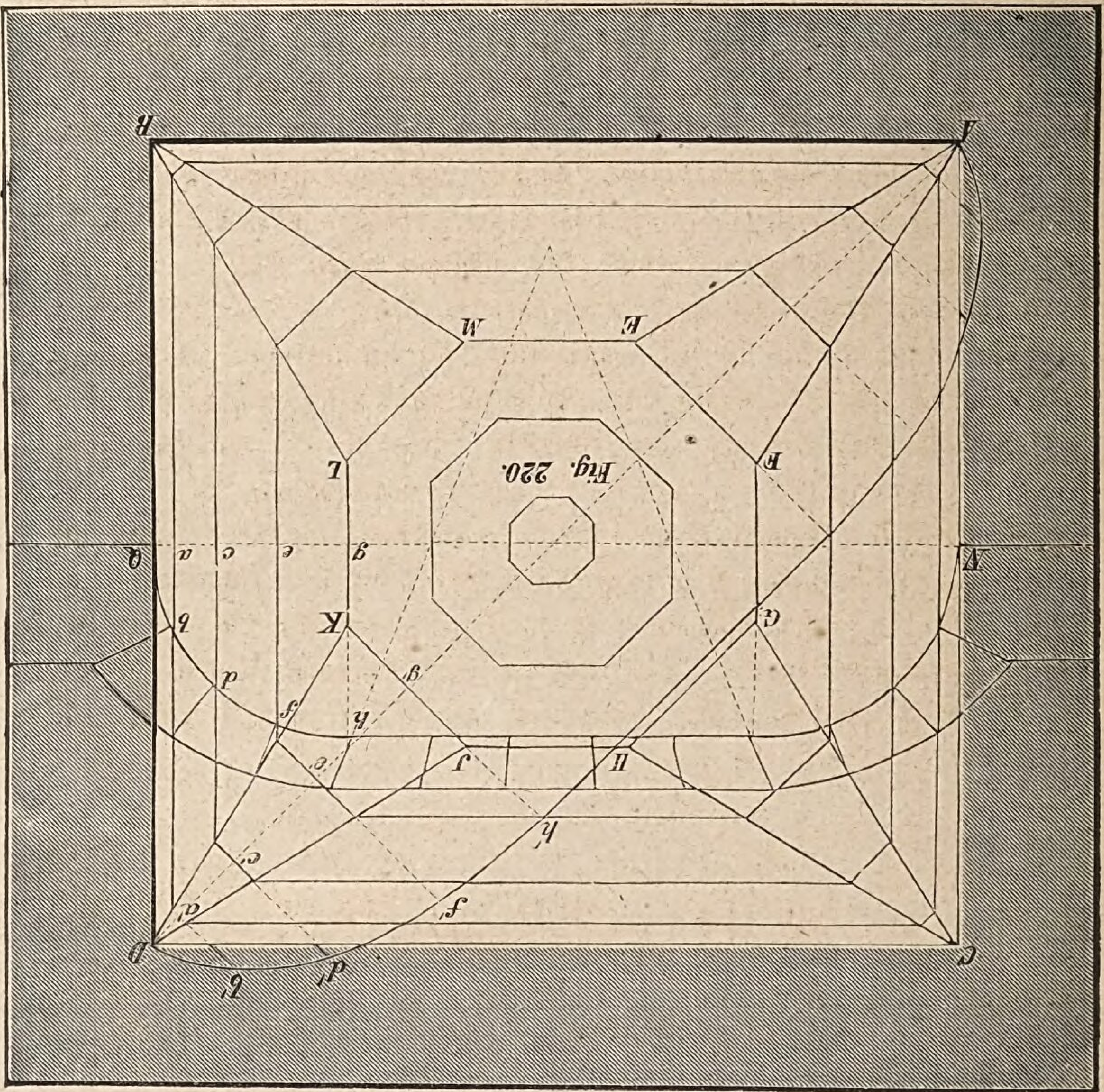
Fig. 219.

punkte V′ gezogen werden. Da die Horizontalprojectionen der Durchschnitte von den Tonnengewölben in den Diagonalen AD und BC Fig. 219 gegeben sind, so ergibt sich aus der Horizontalprojection der Fugenschnitte nach dem Grundbogen Fig. 218 für die Seiten AC und BD Fig. 219, die Horizontalprojection der Fugenschnitte der Tonnengewölbe für die Seiten AB und BC, indem wir von den Schnittpunkten der mit den Seiten AC und BD parallelen Fugenlinien an den Diagonalen die mit AB und CD parallelen Fugen ziehen. Bei dem Spiegel entstehen nun zwar keine Durchschnitte nach den Diagonalen, gleichwohl aber wird der Fugenschnitt des scheitrechten Gewölbes so angeordnet, daß er der zu Grunde gelegten Ueberwölbung vermittelst Walmen entspricht. Es finden demnach wie bei den Tonnengewölben, nach der Richtung der Diagonalen auch bei dem scheitrechten Gewölbe Winkelsteine ihre Anwendung und der Schluß des Gewölbes erfolgt durch einen einzigen Schlußstein von quadrater Grundform. Die elliptischen Bogen der Diagonalschnitte von den viertelkreisförmigen Tonnengewölben werden ebenso wie in den vorherbesprochenen Beispielen herausgetragen.

Nehmen wir an, daß der Grundriß des mit einem Spiegelgewölbe zu überwölbenden Raumes ein längliches Rechteck bilde, und daß die Grundbogen der auf den Umfangsmauern ruhenden Tonnengewölbe gleich seien; so würde der Spiegel im Querschnitt gegen die schmalen Seiten aus einer geringeren Anzahl von Wölbsteinen bestehen, so daß mit Beibehaltung des für den quadraten Spiegel in dem vorherbesprochenen Beispiele angewendeten Fugenschnittes mit Winkelsteinen, der Schluß des scheitrechten Gewölbes alsdann aus einer Reihe von Schlußsteinen in der Richtung der langen Seiten gebildet würde.

Als Beispiel eines Spiegelgewölbes, dessen Spiegel eine vorgeschriebene und von dem Grundrisse der Umfangsmauern abweichende Gestalt erhalten soll, geben wir die Fig. 220. Das Quadrat ABCD ist der Grundriß des zu überwölbenden Raumes und das regelmäßige Achteck EFGHIKLM der ebene Spiegel in der Mitte des auf den Umfangsmauern zu errichtenden Klostergewölbes.

Es leuchtet bei Betrachtung des Grundrisses ein, daß die acht Seiten des Spiegels durch acht cylindrische Gewölbe gestützt werden müssen, deren Fugenschnitte parallel sind mit den entsprechenden Seiten des Achtecks. Wir erhalten diese acht Theile des auf den Umfangsmauern ruhenden Klostergewölbes, wenn wir durch die Spitzen des Quadrats A, B, C und D und durch die Spitzen E, F, G, H, I, K, L und M des



Achtecks die Graden AE, AF, BL, BM, CG, CH, DI, DK ziehen, welche die Horizontalprojectionen der Durchschnitte mit den von den Umfangsmauern errichteten Tonnengewölben sind. Denkt man sich jetzt diese Reihe Durchschnitte in den ersteren Gewölben, und betrachtet sie zu zwei und zwei als Richtungslinien von cylindrischen Flächen, die durch gerade horizontale Linien erzeugt werden, welche parallel sind mit der zugehörigen Seite des Achtecks; so erhält man an den vier Winkeln der ersten Tonnengewölbe gleiche cylindrisch abgestutzte Seiten, welche an den Spitzen A, B, C und D des Quadrates ABCD entstehen und sich an die Seiten EF, GH, IK, nnd LM des Achtecks E F G H I K L M anschließen.

Hat man nun eine Grundlinie NO parallel mit einer der Seiten des Quadrates angenommen, gegen diese den Grundbogen angetragen,

den Musterriß des Gewölbes für die vier Seiten des Quadrats vollendet, uud nach diesem, in bereits bekannter Weise, die Fugenschnitte im Grundriße parallel mit den Seiten des Quadrates gezogen; so ergeben sich die Fugenschnitte an den cylindrischen abgestutzten Seiten, indem sie aus geraden Linien bestehen, welche, von den Schnittpunkten der Fugen der ersteren Gewölbe mit den Seiten der Dreiecke, die die Horizontalproductionen der senkrechten Durchschnitte sind, parallel mit der entsprechenden Seite des Achtecks gezogen werden.

Wir haben den Grundbogen für die cylindrischen abgestutzten Seiten nach der Diagonale AD als Grundlinie eingezeichnet und uns zur Verzeichnung desselben des, bereits durch die vorherbesprochenen Beispiele bekannten Verfahrens bedient, bei welchem von dem Grundbogen des ersten Gewölbes die senkrechten Abstände der Theilungspunkte als Ordinaten entnommen und an die Senkrechten, in welchen die Theilungspunkte des Grundbogens vom anschließenden Gewölbe sich befinden, angetragen werden. Da wir die entsprechenden Ordinaten mit gleichen Buchstaben bezeichnet haben, so wird die Zeichnung keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Elfter Abschnitt.

Von den Kreuzgewölben.

Denkt man sich ein Tonnengewölbe durch senkrechte Ebenen nach der Diagonale geschnitten, so entstehen vier Gewölbetheile, von denen je zwei gegenüberliegende einander gleich sind. Zwei dieser Theile ruhen auf den Widerlagern und bilden unter dem Namen Gewölbewangen die Bestandtheile der in dem vorhergehenden Abschnitte betrachteteten Klostergewölbe, die beiden anderen Theile erheben sich von den Ecken der Grundfigur, fassen die Gewölbstirn in sich und werden Gewölbekappen genannt. Alle Gewölbe nun, welche aus Gewölbekappen zusammengesetzt sind, die sich von den Ecken des zu überwölbenden Raumes erheben, und deren Stirnen sich an die Umfangsmauern anschließen oder vermittelst besonderer offener Stirnbogen abgeschlossen sind, werden Kreuzgewölbe genannt.

Wie bei den Klostergewölben so ist auch bei den Kreuzge-

wölben der Grundbogen des einen Tonnengewölbes abhängig von dem Grundbogen des andern.

Ein Kreuzewölbe besteht aus so vielen Gewölbekappen, als die Grundfigur des zu überwölbenden Raumes Seiten hat. Alle Gewölbekappen entstehen auf der nämlichen Horizontalebene. Die Horizontalprojectionen der Achsen der Tonnengewölbe von denen die Kappen Bestandtheile ausmachen, schneiden alle in einem Punkte, welcher zugleich der Schwerpunkt der Grundfigur ist, und die Horizontalprojection des Durchschnitts zweier aneinanderschließender Kappen ist eine gerade Linie, welche durch den Punkt, wo alle Horizontalprojectionen der Achsen der Tonnengewölbekappen sich treffen, und durch die Spitze des Winkels, welcher durch die Seiten der Umfangsmauern oder Bogen gebildet wird, gezogen wird.

Nach dieser Annahme haben die Stirnbogen der Kappen eines Kreuzgewölbes eine gleiche Scheitelhöhe. Zieht man von den Scheitelpunkten der Stirnbogen gerade Linien nach dem gemeinsamen Durchschnittspunkte der Kappen, welcher senkrecht über dem Schwerpunkte der Grundfigur gelegen ist; so stellen diese Linien die Scheitellinien der Kappen dar. Die Entstehungslinie der cylindrischen Fläche einer Kappe wird parallel mit deren Scheitellinie angenommen, so daß, dieser Annahme entsprechend, die Lagerfugen sowohl unter sich als auch mit der Scheitellinie parallele Linien bilden.

Die Gewölbekappen bilden da, wo sie zusammentreffen, an der Gewölbeleibung Gräthe mit einspringenden Winkeln.

Ist die Grundfigur eines Kreuzgewölbes ein Quadrat oder ein regelmäßiges Vieleck, so sind die Kappen alle unter sich gleich und man nennt ein derartiges Gewölbe ein reguläres Kreuzgewölbe. Irreguläre Kreuzgewölbe werden diejenigen genannt, welche zur Ueberwölbung unregelmäßiger Grundfiguren, sei es, daß die Seiten gleich, die einschließenden Winkel aber ungleich sind, oder daß sowohl die Seiten, als auch die anschließenden Winkel von einander abweichen, Anwendung finden.

Wir geben in der Fig. 221 den senkrechten Durchschnitt nach der Linie EF des in Fig. 222 dargestellten Grundrisses von einem regulären Kreuzgewölbe über einem quadraten Raume, von welchem die Graden AB, CD, AC und BD die Grundrisse der inneren Seiten von den Gurtbogen sind, welche das Kreuzgewölbe an den Stirnen abschließen. Die Diagonalen AD und BC sind die Horizontalprojectionen der Durchschnitte der beiden Tonnengewölbe, aus deren Kappen das Kreuzgewölbe gebildet wird. Hat man den Grundbogen U W X in

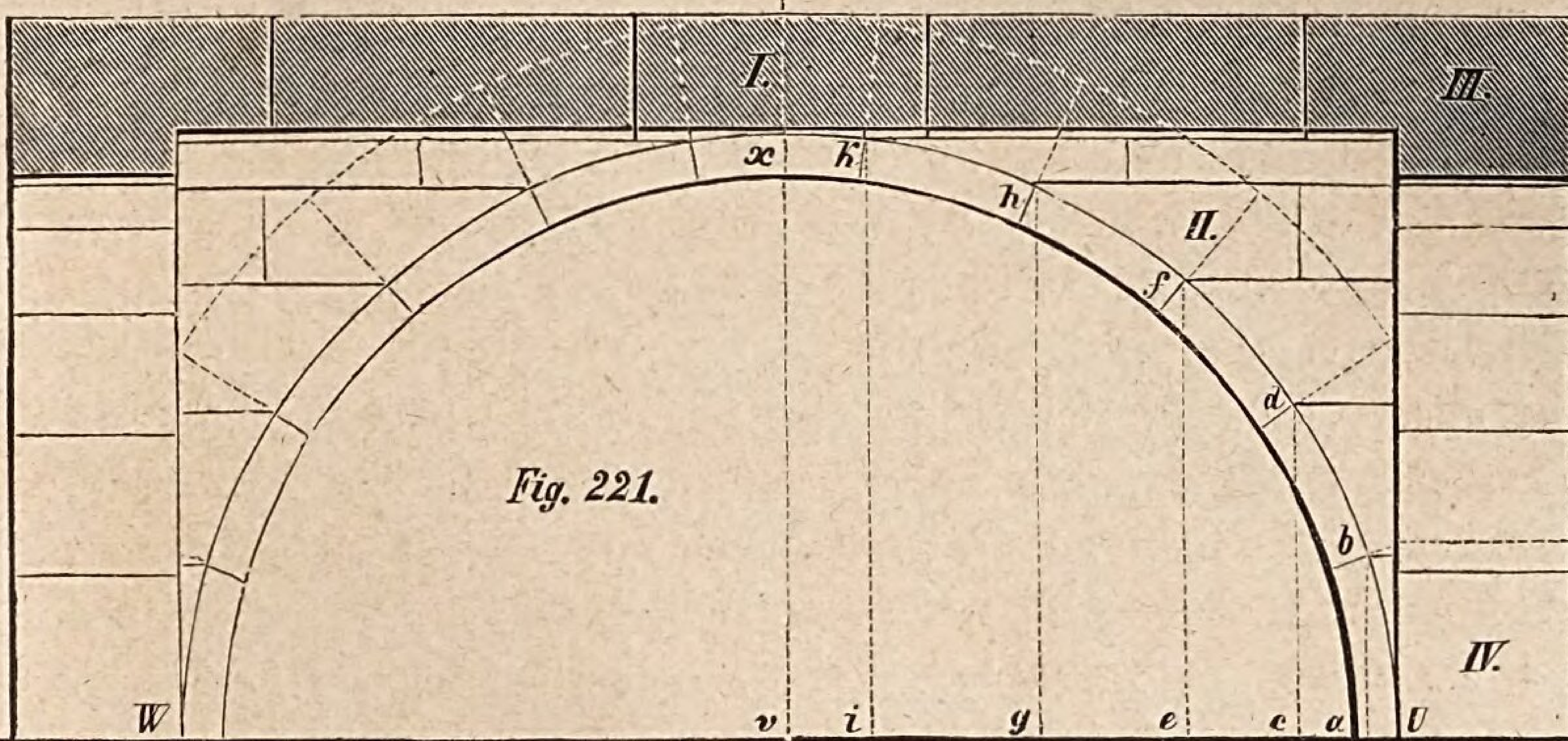


Fig. 221.

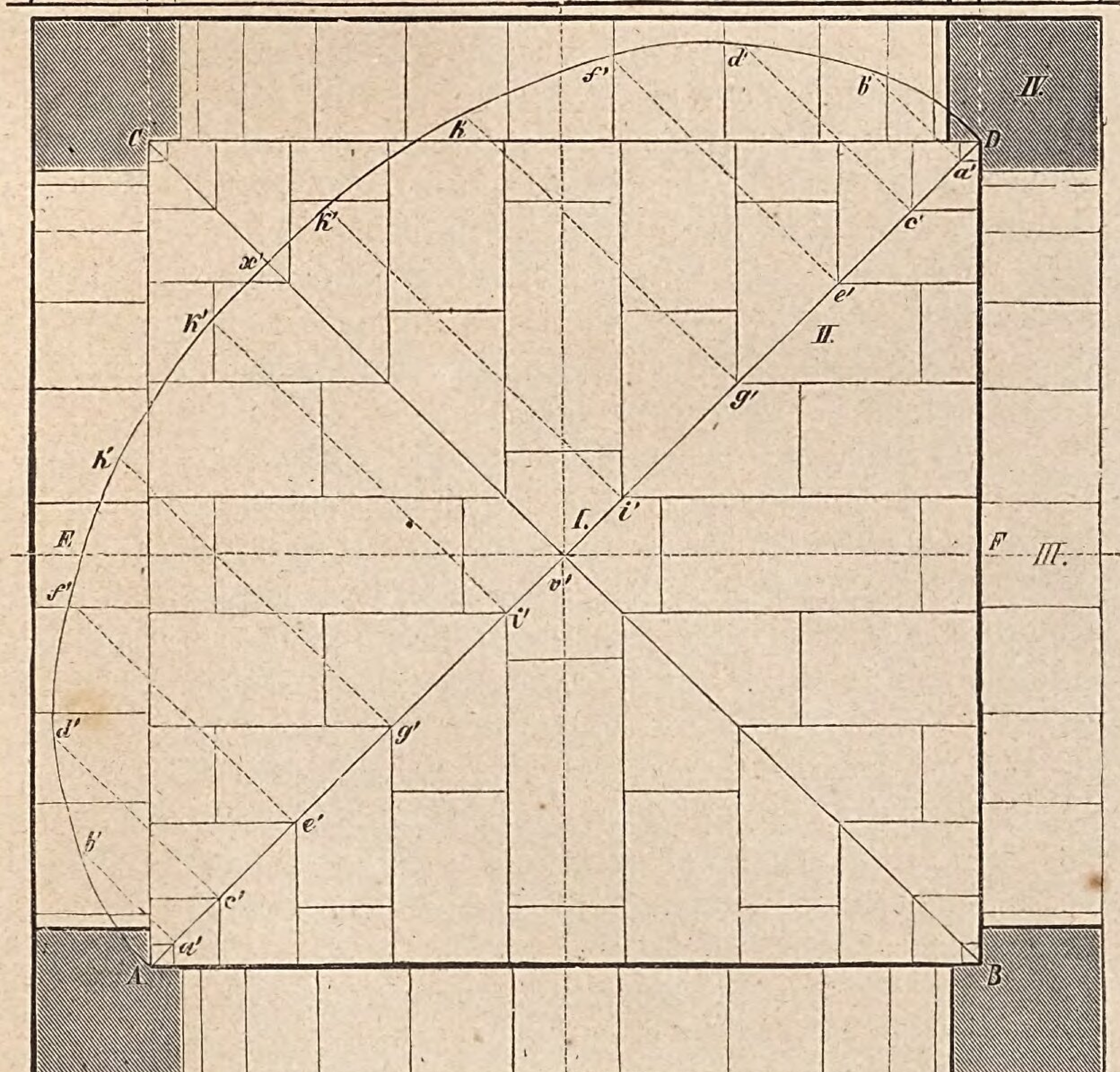


Fig. 222.

soviel gleiche Theile getheilt, als man Wölbschichten angenommen, fällt von den Theilungspunkten Senkrechte gegen die parallel zur Seite CD gezogene Grundlinie UW, und verlängert diese Senkrechten unbestimmt; so stellen dieselben innerhalb der Diagonalen die Fugenschnitte der Kappen ABI und CDI dar. Zieht man, wo diese Schnitte die Diagonalen AD und BC treffen, parallel mit der Achse FE des andren Tonnengewölbes gerade Linien bis zu den Seiten AC und BD; so sind diese die Fugenschnitte der Kappen, welche Theile dieses Tonnengewölbes bilden. Da die vier Seiten gleich sind, so sind es auch die Grundbogen der Kappen; so daß der in Fig. 221 dargestellte Musterriß des über den Seiten AC und BD errichteten Tonnengewölbes auch als Musterriß des über den Seiten AB und CD errichteten Tonnengewölbes betrachtet werden kann.

Da wir zum Grundbogen einen aus V, welcher die Vertikalprojection der Achse des über den Seiten AC und BD errichteten Tonnengewölbes darstellt, beschriebenen Halbkreis angenommen haben; so würden die Grathbogen nach den Diagonalen AD und BC halbe Ellipsen bilden. Wir erhalten diese Grathbogen, wenn wir von den Schnittpunkten der Fugen an den Diagonalen Senkrechte errichten und an diesen die Ordinaten a′ b′ gleich machen den Ordinaten des Grundbogens ab, ebenso c′d′ gleich cd, u. s. w. und sodann über die Punkte b′ d′ f′ h′ u. s. w. eine stetige krumme Linie ziehen.

Die Grathlinien der Lagerflächen, welche in den über die Diagonale geführten senkrechten Ebenen schneiden, sind nicht normal auf den Grathbogen gerichtet, ihre Richtung ist vielmehr der Art, daß sie alle verlängert in dem Durchschnitte I der beiden Gewölbeachsen zusammentreffen. Die in der Richtung der Gewölbegräthe vorkommenden Wölbsteine greifen vermittelst Haken oder Winkel in die sich schneidenden Kappen ein, und der Schlußstein verbindet vermittelst eingreifender Haken nach der Richtung der vier Schlußsteinschichten die zunächst anschließenden Grathsteine unter sich zu einem zusammenhängenden Gewölbekörper. Alle in einer Gewölbekappe vorkommenden Stoßfugen werden rechtwinkelig gegen die unter sich und mit der Scheitellinie parallelen Lagerfugen geschnitten.

Wir haben in unserem Beispiele angenommen, daß die das reguläre Kreuzgewölbe an den Stirnseiten abschließenden Gurtbogen zwar an der Bogenleibung vor die Gewölbefläche treten, jedoch der Art mit dem Gewölbe verbunden sind, daß die Lagerflächen der Gurtbogensteine

mit den Lagerflächen der in gleicher Höhe vorkommenden Wölbsteine in einer Ebene liegen und daß die Gurtbogensteine mit wechselnden Stoßfugen in die anstoßenden Gewölbekappen übergreifen und mit diesen verbunden sind.

Wie die Kreuzgewölbesteine herausgetragen und bearbeitet werden, kann nach dem, was bereits an anderen Orten über das Heraustragen und Bearbeiten ähnlicher Steinformen angeführt worden, füglich der Einsicht des aufmerksamen Lesers überlassen werden. Es wird genügen, durch perspectivische Darstellung einzelner Gewölbsteine in den Fig. 223

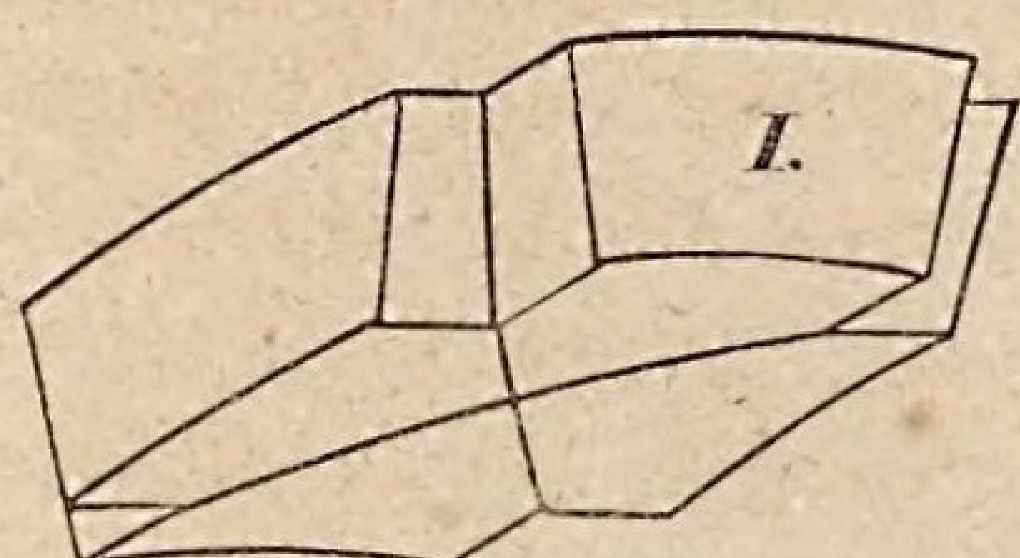


Fig. 223.

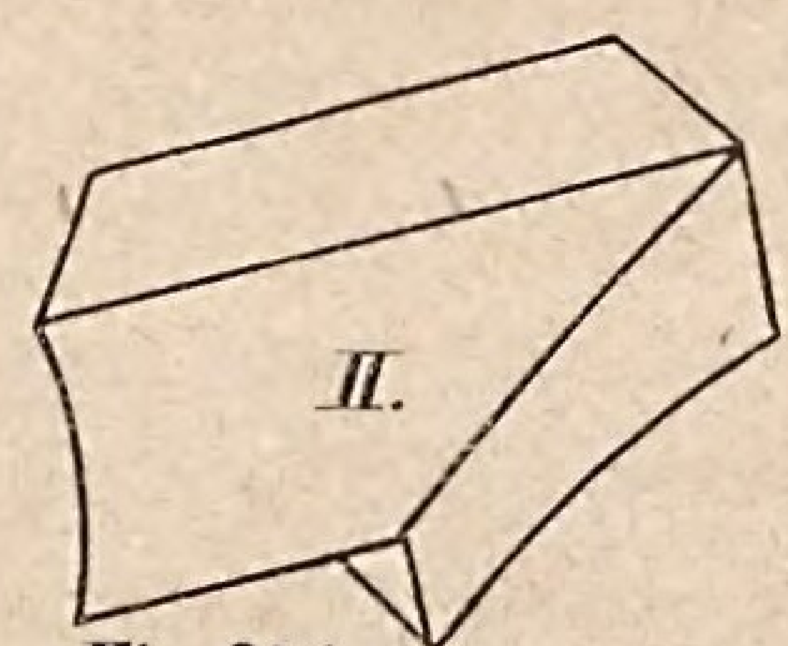


Fig. 224.

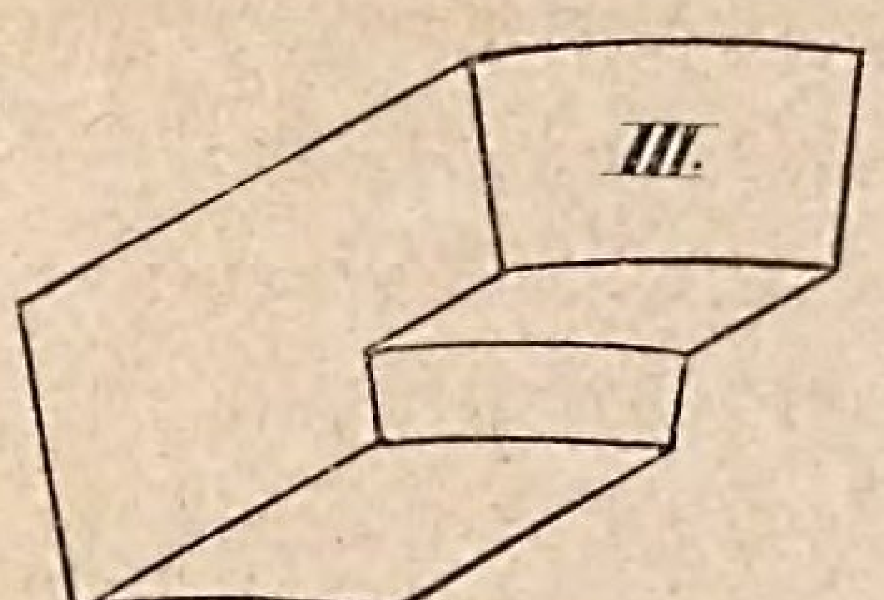


Fig. 225.

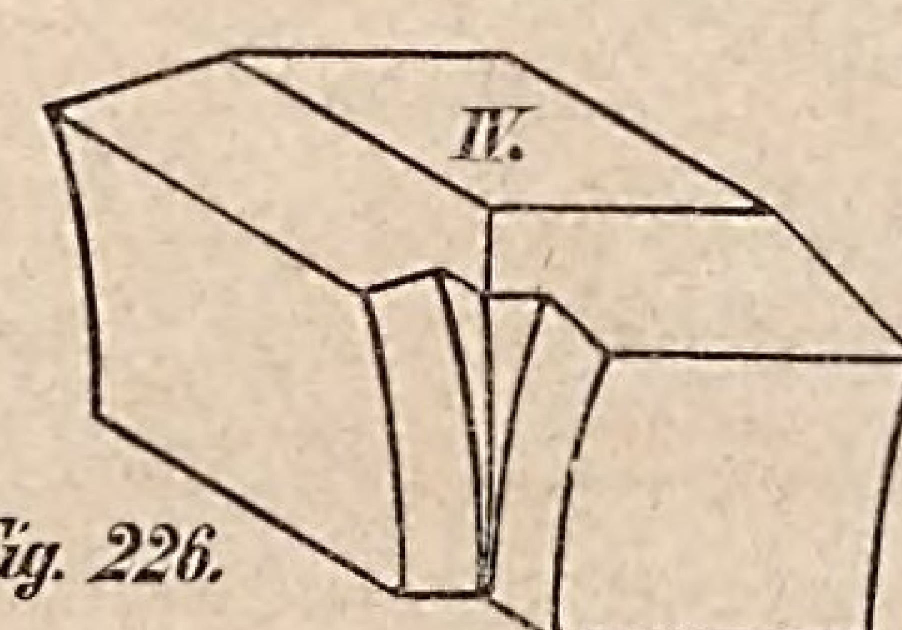


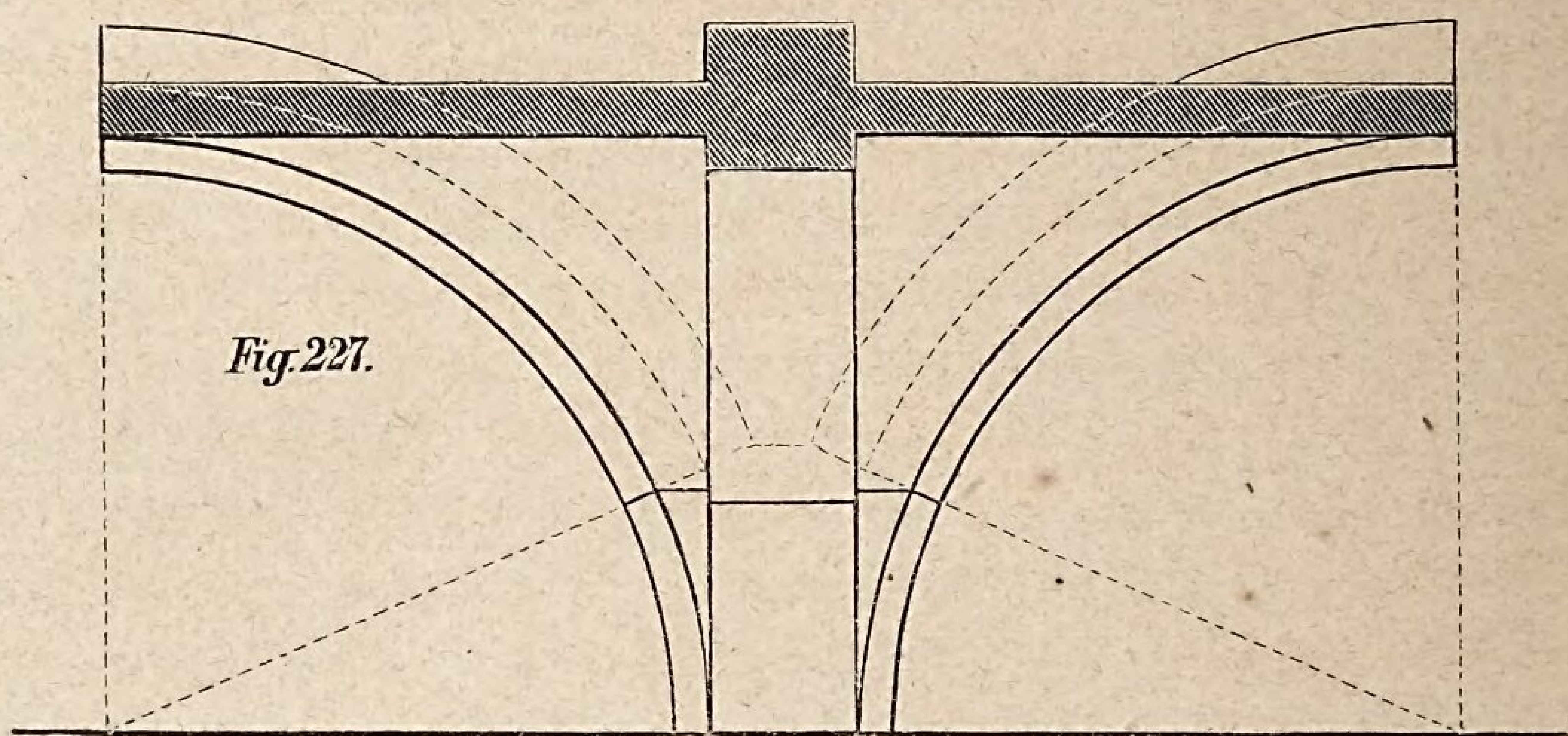
Fig. 226.

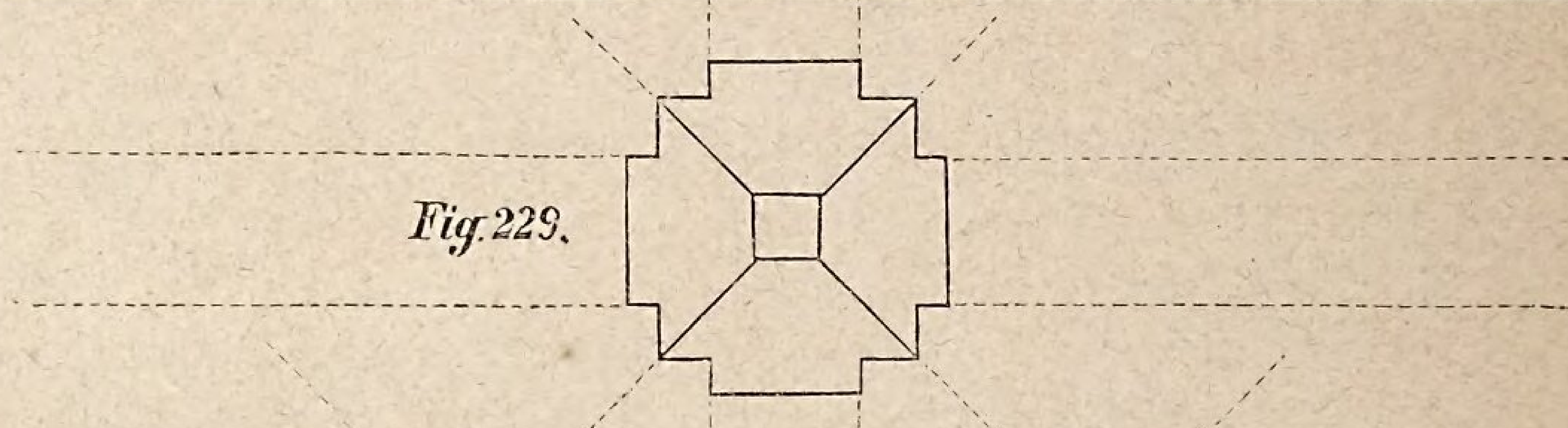
bis 226 auf deren Verzeichnen und Bearbeiten hinzulenken. Die Fig. 223 gibt den mit I im Grund- und Aufriß bezeichneten Schlußstein des Kreuzgewölbes; die Fig. 224 stellt den mit II. bezeichneten Grathstein vor; die Fig. 225 den Schlußstein eines Gurtbogens mit seinem in das Kreuzgewölbe eingreifenden Theil, welcher mit III. bezeichnet ist, und in der Fig. 226 ist ein Gewölbeanfänger gegeben, welcher zugleich den Anfänger zweier Gurtbogen bildet.

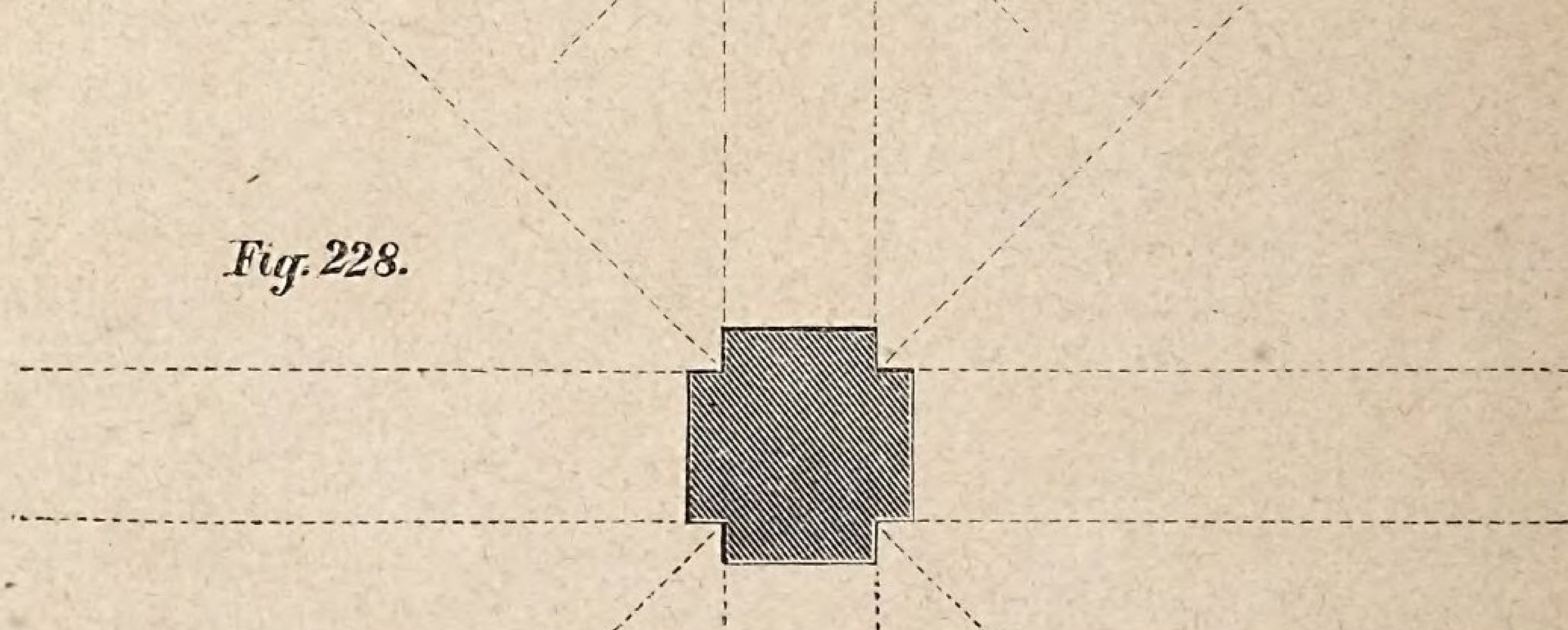
Beim Hochbauwesen kommt es häufig vor, daß die Kreuzgewölbe sowohl als auch die zum Abschluß derselben dienenden Gurtbogen aus Backsteinen, ja selbst aus Bruchsteinen gemauert werden, und daß nur die Anfänger der Bogen und Kreuzgewölbe aus Hausteinen bestehen. Die Höhe eines derartigen Kreuzgewölbeanfängers hängt von der Stärke des Kreuzgewölbes ab, indem die Lagerflächen derjenigen Theile des Anfängers, welche die von den Kämpferpunkten sich erhebenden Gewölbeanfänger bilden, eine Breite haben müssen, welche der Stärke des Kreuzgewölbes gleich ist, um von diesen Lagerflächen aus die Mauerung

der Kappen beginnen zu können. Die Form derartiger Kreuzgewölbe-anfänger richtet sich nun einestheils nach der erwähnten Anforderung in Bezug auf die Mauerung der Gewölbe; anderntheils aber auch nach der Form der Stützpfeiler und der entsprechenden Anordnung der Gurtbogen.

Nehmen wir an, der Stützpfeiler eines Kreuzgewölbes Fig. 227


Fig. 227.


Fig. 229.

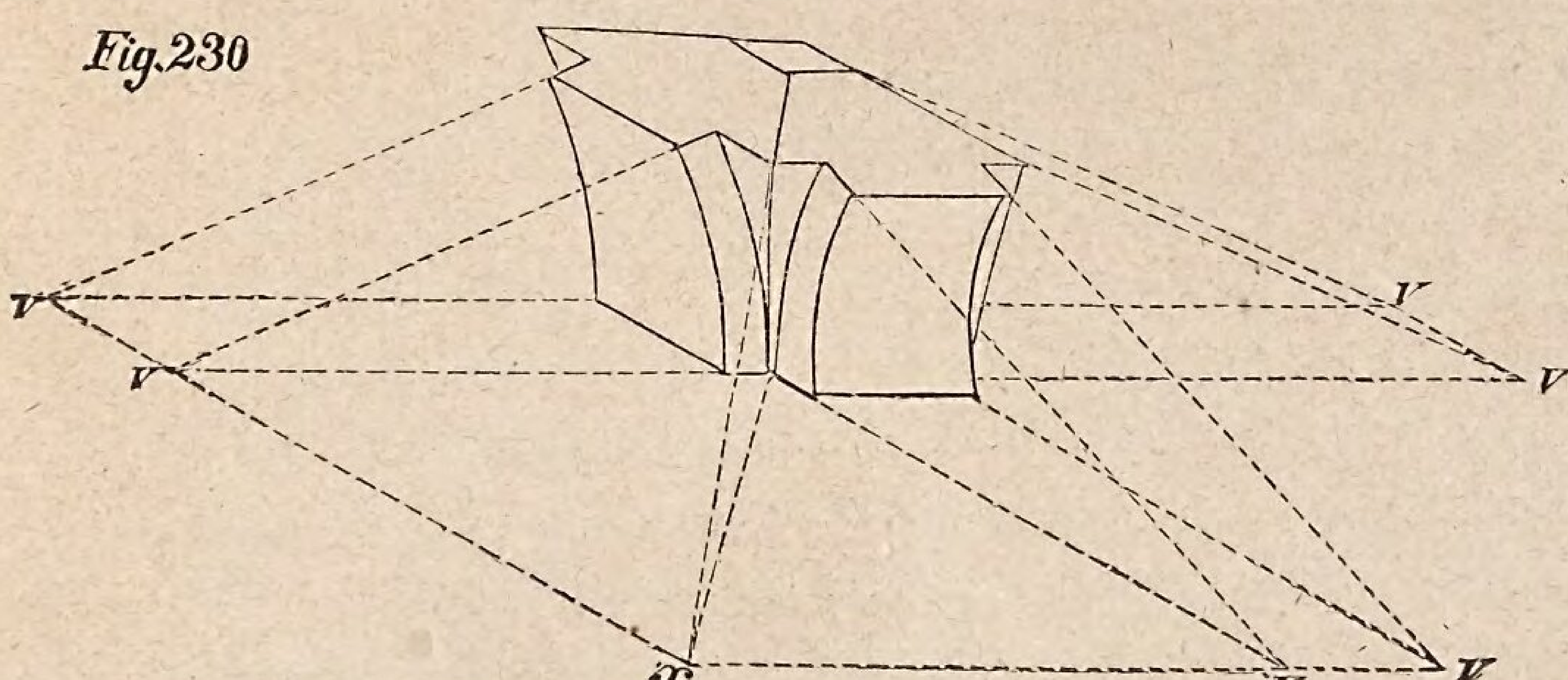

Fig. 228.

sei im Grundriß Fig. 228 so gebildet, daß an den vier Seiten des quadraten Kernes Lissenen angebracht sind, deren Vorsprung gleich ist dem Vorsprung der Gurtbogen an der Leibung des Gewölbes. Mit Beibehaltung eines gleichen Vorsprungs der Gurtbogen werden die Leibungen der Gurten und der anschließenden Kappen in der Ansicht Fig. 227, welche zugleich einen Durchschnitt im Scheitel darstellt, concentrische Kreise bilden. Beschreiben wir nun einen Kreisbogen, welcher nach der

einmal bestimmten Stärke des Kreuzgewölbes nach der punktirten Einzeichnung in Fig. 227 den Mantel desselben darstellt, bis er die senkrechte Stirnseite schneidet, so bezeichnet uns der Schnittpunkt die Stelle, über welche die Lagerfläche gezogen werden muß, wenn sie die der Stärke des Gewölbes entsprechende Auflage darbieten soll. Die über den gefundenen Punkt nach den entsprechenden Gewölbeachsen geführten Lagerflächen werden zugleich als Lagerflächen für die Gurtbogen durchgeführt, durch deren Stärke, welche ebenfalls punktirt eingezeichnet ist, ihre Ausdehnung bestimmt wird. Da wir hier ein reguläres Kreuzgewölbe angenommen haben; so werden die Lagerflächen für die vier Gurtbogen, welche sich von demselben Gewölbeanfänger erheben, einen gleichen Centriwinkel einschließen. Die Lagerflächen des Gewölbeanfängers, welcher in Fig. 229 im Grundriß dargestellt ist, schneiden sich nach der Richtung der Diagonalen, welche die Horizontalprojectionen der senkrechten Ebenen darstellen, in welchen die Gewölbekappen zusammentreffen, und bilden bis zu der horizontalen Abstumpfung, welche durch die oberen Kanten der Lagerfugen für die Gurtbogen begrenzt wird, Gräthe mit vorstehenden Winkeln.

Die Form des Kreuzgewölbeanfängers wird aus der perspectivischen Darstellung desselben in Fig. 230 deutlich ersehen werden können. Wir

Fig. 230



haben bei dieser perspectivischen Darstellung in punktirten Linien angegeben, wie die Lagerflächen bei der Bearbeitung durch das Anlegen von Richtscheiten versehen und in Bezug auf ihre Richtigkeit geprüft werden. Werden bei der Bearbeitung auf die untere Lagerfläche Richtscheite nach den vorgezeichneten Linien der Gurtbogen angelegt und an diesen Richtscheiten die Mittelpunkte V für die in die Stirnseite treffenden Bogen durch Stifte bezeichnet; so können von diesen Mittelpunkten aus die Bogenlinien vermittelst eines zweiten Richtscheites oder einer Schnur

vorgezeichnet und nach dieser Vorzeichnung bearbeitet werden. Werden die Gurtbogen mit rechtwinkeliger Leibung auf die vorgezeichnete Breite des Vorsprungs bearbeitet; so ergeben sich die Leibungen der vier Gewölbezwickel durch diese Bearbeitung von selbst, wie auch die Gräthe der Lagerflächen von selbst sich ergeben und nicht erst herausgetragen werden müssen. Sind die Lagerflächen und Bogenleibungen richtig bearbeitet, so werden die Grathlinien der Lagerflächen nach der punktirten Einzeichnung in Fig. 230 verlängert in dem Punkte V treffen, wo die beiden Gewölbeachsen schneiden.

Bei der in dem vorbesprochenen Beispiele angenommenen Form der Stützpfeiler von Kreuzgewölben erhält der Pfeiler eine Stärke, wie sie selten im Verhältniß der darauf ruhenden Belastung erforderlich ist und der Raumersparniß wegen auch selten Anwendung findet. Viereckte Stützpfeiler erhalten in der Regel eine Stärke, welche durch die Breite der Gurtbogen bestimmt wird, indem man die Seiten des Quadrates, das der Pfeiler zur Grundfigur hat, gleich macht der Breite der Gurtbogen.

Wir geben in den Fig. 231, 232 und 233 ein Kreuzgewölbe mit quadratem Stützpfeiler, jedoch mit Beibehaltung vorspringender Gurtbogen. Wie aus Fig. 231, welche die Ansicht und zugleich den Durchschnitt im Scheitel eines solchen Kreuzgewölbes darstellt, ersichtlich ist, entwickeln sich die Gurtbogenvorsprünge erst über der quadraten Sohle des Bogenanfängers, und die Zwickel der Kreuzgewölbe erheben sich nicht unmittelbar von der Sohle, vielmehr liegen die Kämpferpunkte der Kappen des Kreuzgewölbes höher und werden durch die Schnittpunkte der von der Leibung der Gurtbogen zurückgesetzten Leibung des Kreuzgewölbes mit den senkrechten Stirnseiten bestimmt. Die Höhe des Gewölbeanfängers ergibt sich wie in dem vorigen Beispiele aus der Stärke des Kreuzgewölbes, welche an dem Grundbogen nach der punktirten Einzeichnung ebenso, wie die Stärke der Gurtbogen in concentrischen Kreisen angetragen wird. Von den Schnittpunkten der Kreise, welche die Mantelflächen der Kreuzgewölbekappen darstellen, mit den Senkrechten, welche die Projectionen der Stirnseiten sind, werden die Lagerfugen nach den entsprechenden Gewölbeachsen gezogen und rückwärts bis zu den Schnittpunkten der Kreisbogen verlängert, welche die Projectionen der Mantelflächen von den Gurtbogen sind. Diese letzteren Schnittpunkte bestimmen die Gesammthöhe des Gewölbeanfängers, welcher horizontal abgeglichen wird.

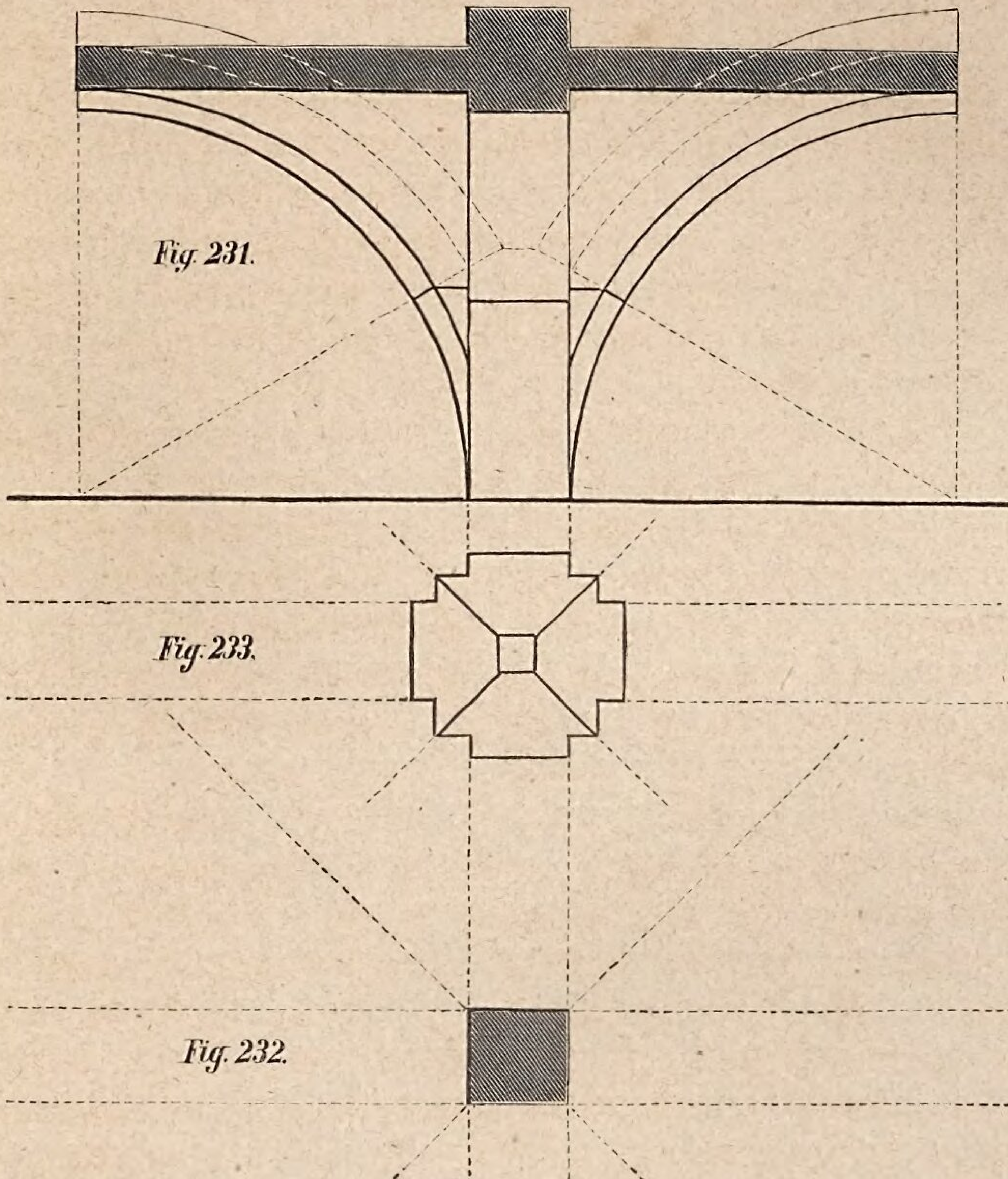


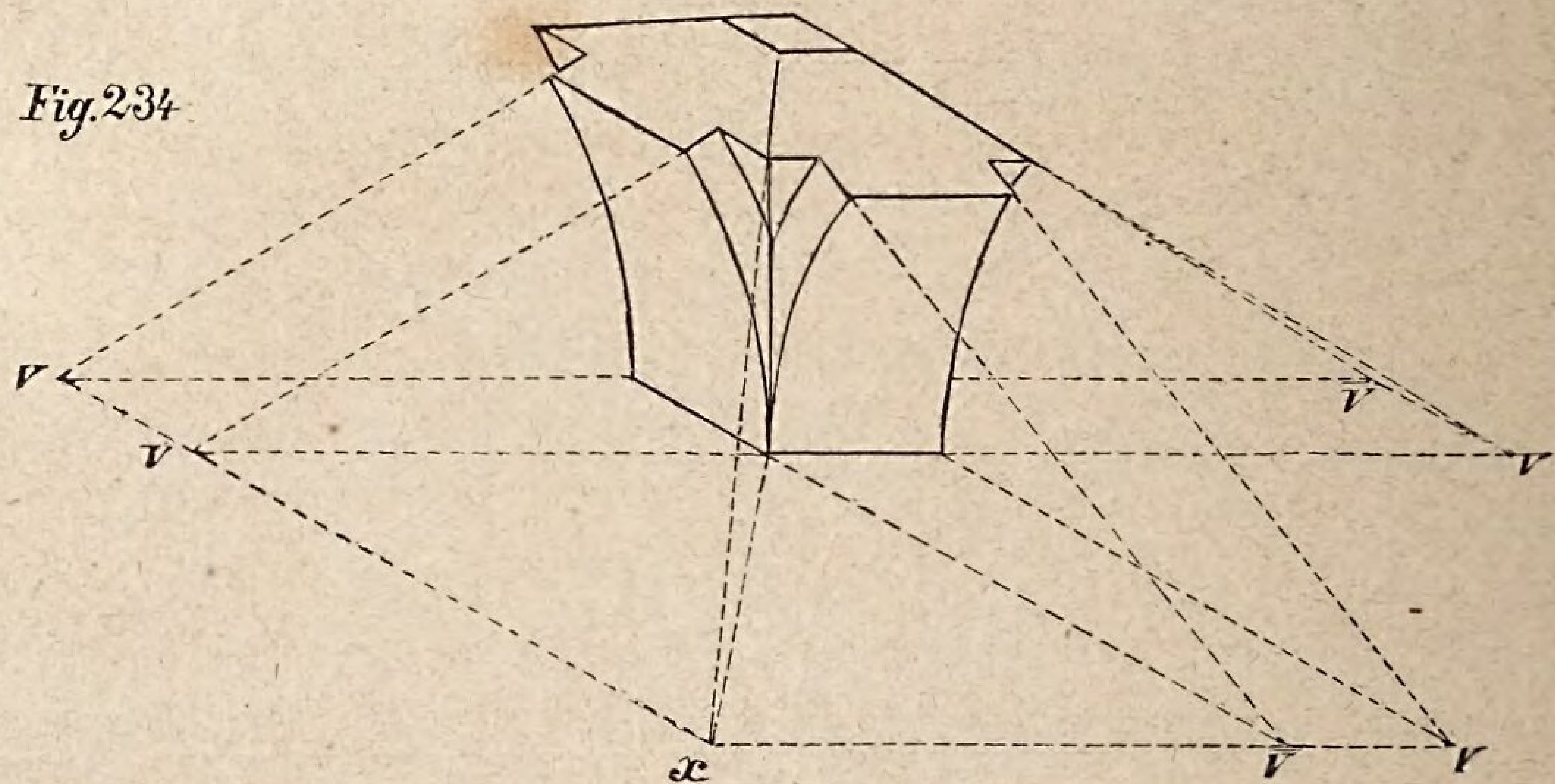
Fig. 231.

Fig. 233.

Fig. 232.

Fig. 232 gibt den Grundriß des Pfeilers mit punktirter Einzeichnung der von demselben ausgehenden Gurtbogen und der Gräthe der Kreuzgewölbe. Der in Fig. 233 gegebene Grundriß des Gewölbeanfängers ist von dem Grundriß Fig. 229 des Gewölbeanfängers in dem vorherbesprochenen Beispiele sehr wenig verschieden. Aus der Fig. 234, welche die in Fig. 231 geometrisch gezeichnete Ansicht des Gewölbeanfängers perspectivisch darstellt, wird die abweichende Gestalt desselben von der des Anfängers in dem vorhergehenden Beispiele Fig. 230 deutlich zu ersehen sein. Die Form des Gewölbeanfängers nach Fig. 234 bleibt dieselbe, auch wenn der Stützpfeiler nicht die in unserem Beispiele angenommene einfache Quadratform zum Grundrisse hat. Wie die Form eines Pfeilers oder einer Säule ganz unabhängig ist von der Form des Gewölbeanfängers; so ist es auch die Stärke der Pfeiler oder Säulen,

Fig. 234



welche allein von der Tragfähigkeit des Materials abhängt, aus welchem die Stütze besteht, und in den meisten Fällen durch die Benützung der Räumlichkeiten sowohl, als auch durch Anforderungen bezüglich der schönen Form bedingt wird. Dieß gilt jedoch nur in Bezug auf den Stamm oder den Schaft der Pfeiler oder der Säulen, auf welchen die Kreuzgewölbe ruhen. Das Kapitäl der Säulen, so wie der Kämpfer der Pfeiler richtet sich nach der Form der Grundfläche des Gewölbeanfängers, welcher durch das Kapitäl oder den Kämpfer der Stütze, dessen ebene Fläche die Sohle des Gewölbeanfängers bildet, nach seiner ganzen Ausdehnung unterstützt sein muß. Die Uebergänge der vielseitigen oder runden Schäfte in das quadrate Kapitäl können auf sehr mannigfaltige Weise gestaltet werden. Das romanische Würfelkapitäl mit quadrater Abacusplatte möchte als die zweckentsprechendste Grundform von Kapitälen zu betrachten sein, wenn Rundsäulen die Stützen von Kreuzgewölben bilden.

Die Figuren 235, 236 und 237 legen wir der Betrachtung eines unregelmäßigen Kreuzgewölbes zu Grunde. Nehmen wir die geraden Linien AB, BD, DC und AC des unregelmäßigen Vierecks in Fig. 236 als die inneren Mauerseiten des mit einem Kreuzgewölbe zu überdeckenden Raumes an; so haben wir vorerst den Punkt E zu bestimmen, in welchem die Graden AE, BE, DE und CE schneiden, welche die Horizontalprojectionen der senkrechten Ebenen darstellen, in denen die Kappen der Tonnengewölbe zusammentreffen. Dieser Punkt E, in welchem zugleich die Achsen der Tonnengewölbe schneiden, von welchem die Kappen Theile bilden, soll nun, nach der allgemein gültigen Anforderung in Bezug auf die Stabilität des Gewölbekörpers, zugleich der Schwerpunkt der Grundfigur sein. Der Schwerpunkt des unregelmäßi-

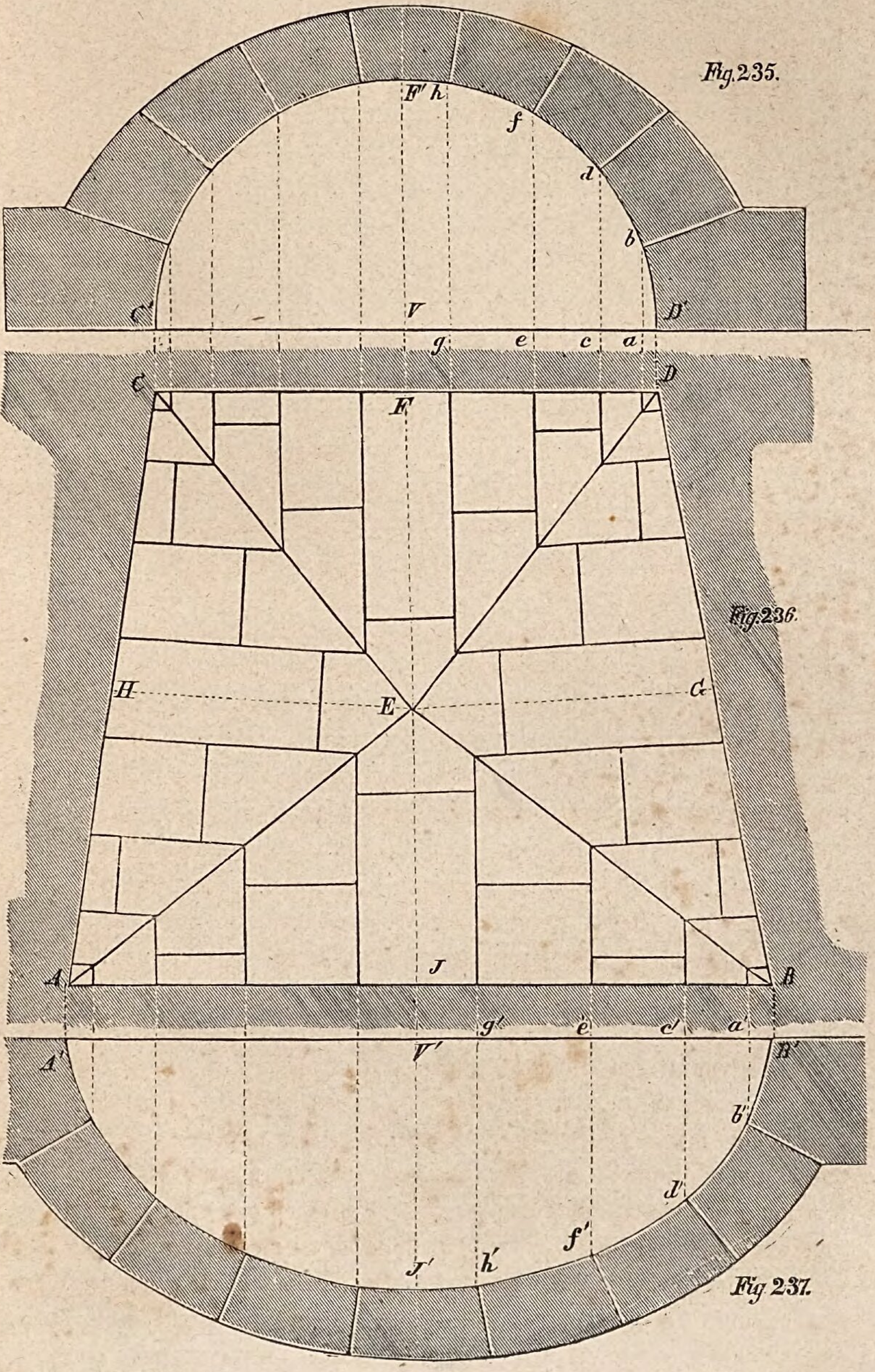


Fig. 235.

Fig. 236.

Fig. 237.

gen Vierecks wird gefunden, indem man durch das Ziehen der Diagonalen das Viereck in vier Dreiecke zerlegt, welche je von zwei äußeren Seiten und der zugehörigen Diagonale gebildet werden; von diesen vier Dreiecken die Schwerpunkte bestimmt und sodann die Schwerpunkte zweier gegenüber gelegenen Dreiecke durch gerade Linien, welche die Schwerlinien darstellen, verbindet. Der Durchschnitt der beiden Schwerlinien ist der gesuchte Schwerpunkt der ganzen Grundfigur.

Zur Erläuterung dieses Verfahrens geben wir in Fig. 238 ein unregelmäßiges Viereck ABCD, welches in die vier Dreiecke ABD, ABC, BCD und ADC zerlegt ist. Die Seiten AB, CB, CD AD werden halbirt, und von den Halbirungspunkten a, b, c und d gerade Linien nach den gegenübergelegenen Spitzen der äußeren Dreiecke gezogen. Wo nun diese Graden in e, f, g und scheiden, da befinden sich die Schwerpunkte der äußeren Dreiecke. Werden die gegenüberstehenden Schwerpunkte, e mit f und g mit h durch gerade Linien verbunden; so erhalten wir in deren Durchschnitt i den Schwerpunkt der ganzen Grundfigur.

Wir fügen in der Fig. 239 als weiteres Beispiel von der Ermittelung des Schwerpunktes einer unregelmäßigen Grundfigur ein Fünfeck ABCDE bei. Zerlegen wir das Fünfeck in die drei Dreiecke ABE, BDE und BCD, bestimmen die Schwerpunkte dieser Dreiecke auf die bereits erwähnte Weise, indem wir die Seiten derselben halbiren und von den Halbirungspunkten a, b, c, d, e, f und g gerade Linien nach den gegenüber gelegenen Spitzen ziehen, und erhalten so in den Durchschnitten dieser geraden Linien bei h, i und k die Schwerpunkte dieser Dreiecke. Ziehen wir von dem Schwerpunkte h die geraden Linien hi und hk nach den Schwerpunkten i und k, ebenso eine gerade Linie ik von dem Schwerpunkte i nach dem Schwerpunkte k, so umschließen diese geraden Linien das Dreieck hik, dessen Schwerpunkt o zugleich der Schwerpunkt des unregelmäßigen Fünfecks ABCDE ist.

Wäre die Grundfigur ein unregelmäßifles Sechseck, so würde man dieselbe in vier Dreiecke zerlegen und deren Schwerpunkte unter sich durch gerade Linien auf ähnliche Weisr verbinden, wie wir dieß bei dem unregelmäßigenFünfeck angegeben haben. Diese geraden Linien würden nun ein unregelmäßiges Viereck umschließen, dessen Schwerpunkt, auf die in unserem ersten Beispiele angegebene Weise ermittelt, zugleich der Schwerpunkt der ganzen Grundfigur sein würde. Dem entsprechend werden die Schwerpnnkte anderer unregelmäßiger Vielecke ohne Schwierig-

keit ermittelt werden können. Kehren wir nun zur Betrachtung der Fig. 236 zurück, welche in dem unregelmäßigen Viereck ABCD den Grundriß eines Raumes darstellt, über welchem ein Kreuzgewölbe errichtet werden soll, und nehmen wir an, der Punkt F sei der ermittelte Schwerpunkt der Grundfigur des Kreuzgewölbes; so werden die von dem Punkte E nach den Ecken gezogenen geraden Linien AE, BE, CE und DE die Horizontalprojectionen der senkrechten Ebenen darstellen, in welchen die Kappen zusammentreffen. Halbiren wir ferner die Seiten der Grundfigur und ziehen von den Theilpunkten F, G, H

Fig. 238.

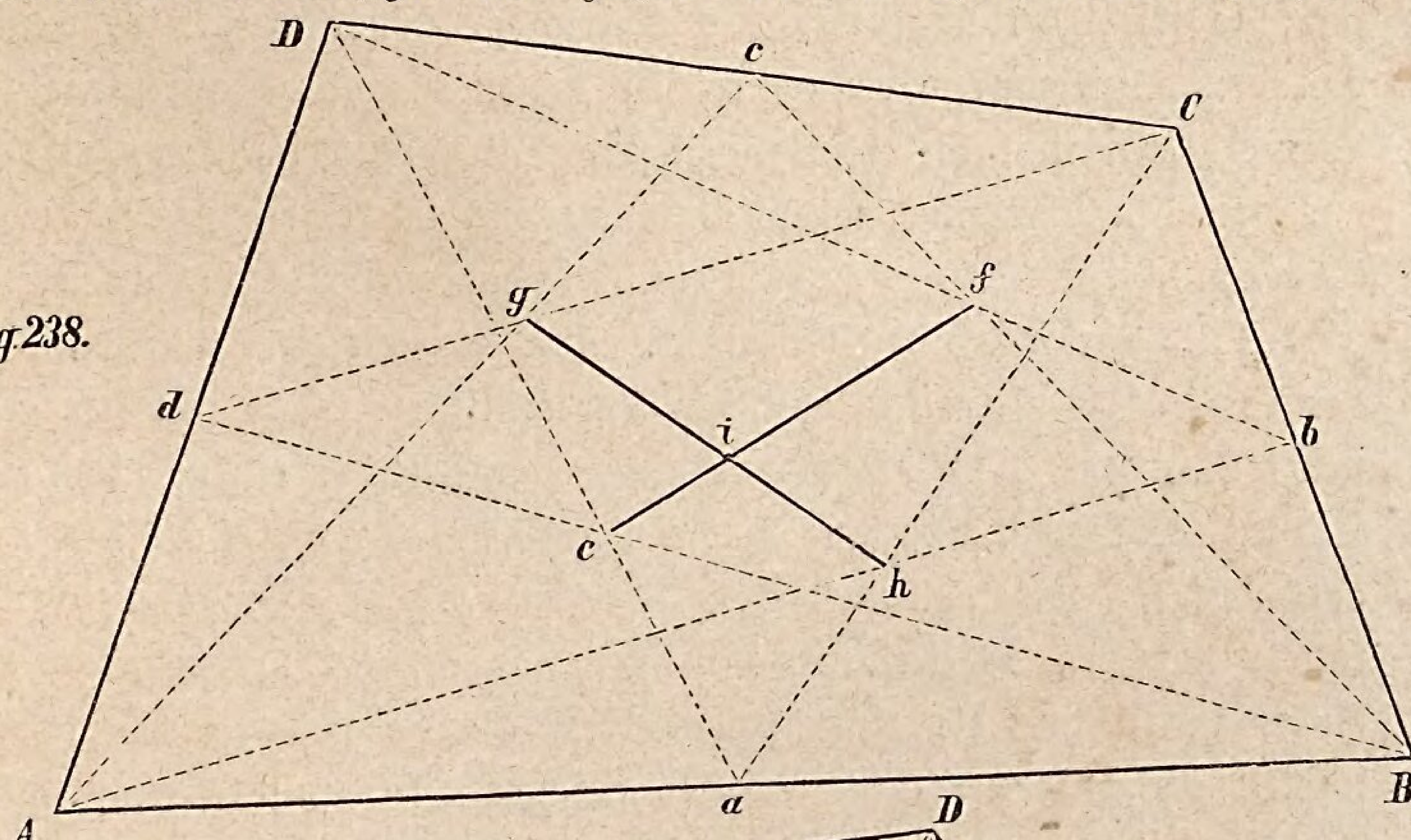
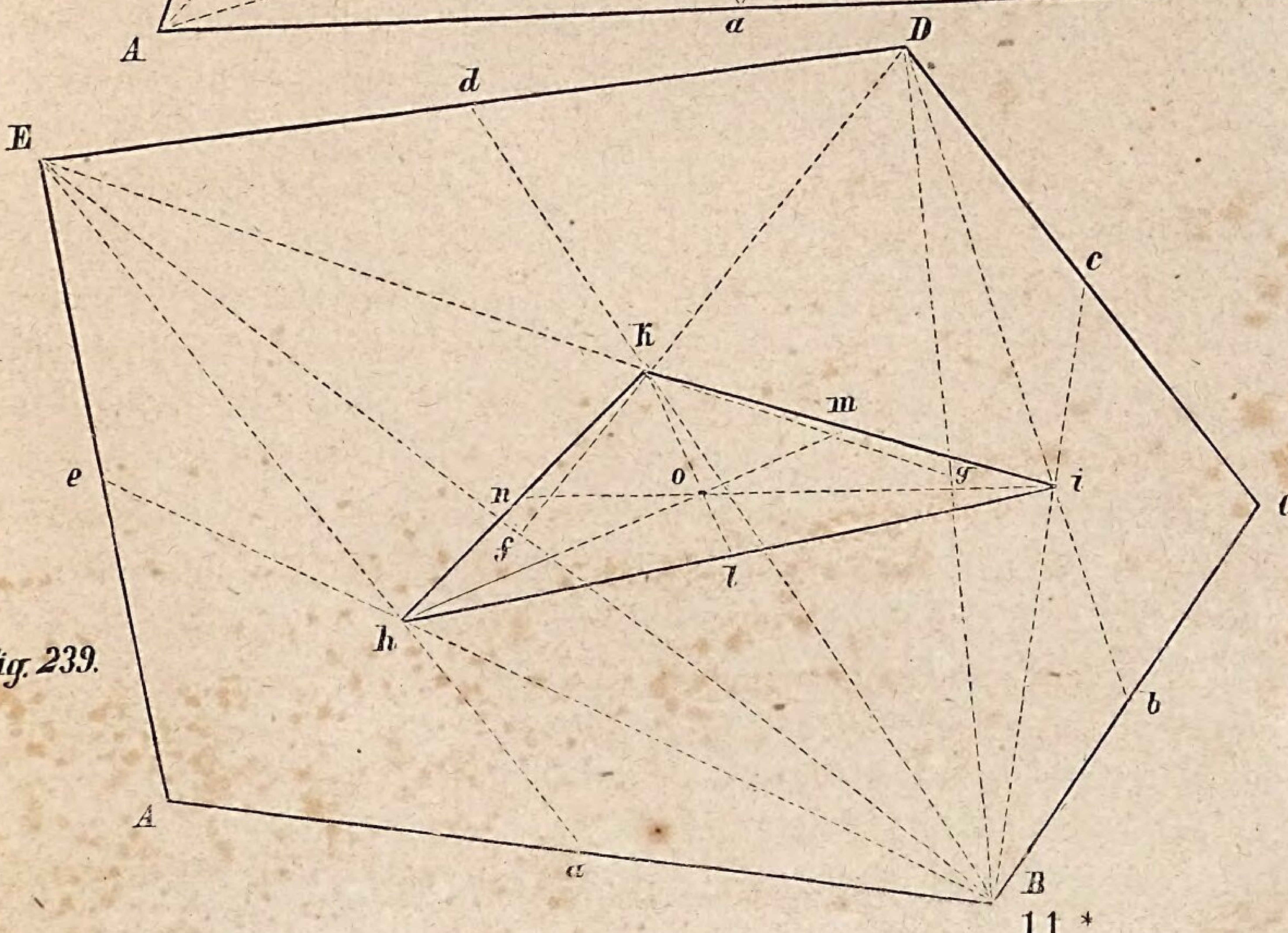


Fig. 239.



und J nach dem Punktr E die geraden Linien FE, GE, HE und EJ; so werden diese die Scheitellinien der Kappen sein. Gesetzt nun, es sei der Grundbogen der Kappe DEC als Halbkreis bestimmt, so ergeben sich aus dieser Annahme die Grundbogen der übrigen Kappen. Ziehen wir Fig. 235 die Grundlinie D'C' parallel mit der Seite DC Fig. 236, ziehen aus dem senkrecht über dem Halbirungspunkte F gelegenen Punkt V als Mittelpunkt einen Halbkreis D'C' gleich CD, und theilen diesen Halbreis, welcher den Grundbogen der Kappe DCE darstellt, in soviel gleiche Theile, als die Kappe Schichten enthalten soll; so wird der Musterriß des Stirnbogens vollendet sein, wenn wir von den Theilpunkten die centrischen Fugen bis zur Mantellinie ziehen. Wir erhalten nun die Theilpunkte der Stirnbogen im Grundriß, wenn wir von den Theilpunkten des Grundbogens im Aufriß Fig. 235 Senkrechten zur Grundlinie D'C' führen und diese Senkrechten bis zur Seite CD Fig. 236 verlängern. Ziehen wir nun von diesen Schnittpunkten an der Seite CD Parallele mit der Scheitellinie EF bis zu den Diagonalen EC und ED, so stellen diese Parallelen die Fugenschnitte der Kappe CDE nach dem angenommenen Grundbogen C'D'F' Fig. 235 dar. Ziehen wir von den Schnittpunkten an der Diagonale CE Parallele mit der Scheitellinie EH der Kappe ACE; so sind dieß die Fugenschnitte von der einen Hälfte dieser Kappe, mit welchen die Fugenschnitte der anderen Hälfte parallel gezogen werden, und zwar nach den von dem Scheitelpunkte H gegen A an die Seite AC in gleichen Abständen anzutragenden Schnittpunkten, wie sie durch die Fugen von H nach C sich ergeben haben Ebenso werden von den Schnittpunkten an der Diagonale DE die Fugen der einen Hälfte EGD von der Kappe BDE parallel mit der Scheitellinie EG die Fugen der anderen Hälfte BEG angetragen. Aus den Schnittpunkten der Fugen an den Diagonalen AE und BE werden nun die Fugen der Kappe ABE parallel mit der Scheitellinie EJ gezogen, und es ist alsdann der Grundriß des Kreuzgewölbes in Bezug auf den Fugenschnitt der Wölbschichten vollendet. Die Anordnung der Stoßfugen für die einzelnen Wölbsteine richtet sich darnach, daß die in der Richtung der Gräthe vorkommenden Steine vermittelst Winkel oder Haken in die Schichten der an den Gräthen zusammentreffenden Kappen ebenso übergreifen, wie dieß bei dem regelmäßigen Kreuzgewölbe vorkommt.

Zur Vermeidung spitzer Winkel werden die Stoßfugen senkrecht gegen die, mit den entsprechenden Scheitellinien parallelen Lagerfugen

gezogen. Da bei jedem Kreuzgewölbe von dem einmal bestimmten Grundbogen einer Kappe die Grundbogen der übrigen Kappen abhängig sind, so werden in unserem Beispiele, wo wir den Grundbogen der Kappe DCE als Halbkreis angenommen haben, die Grundbogen der Kappen ACE, ABE und BDE halbe Ellipsen bilden. Wir erhalten diese Grundbogen, wenn wir, wie in Fig. 237, welche den Grundbogen der Kappe ABE darstellt, angegeben ist, von den Schnittpunkten der Fugen Senkrechte gegen die Seiten errichten, an diesen Senkrechten beziehungsweise die aus dem zuerst bestimmten Grundbogen zu entnehmenden Linien a′, b′, c′, d′, e′, f′, g′, h′ u. s. w. gleich machen den Ordinaten ab, cd, ef, gh u. s. w. und über die Punkte B′, b′, d′, e′, f′ u. s. w. eine stetige krumme Linie ziehen. Zur Vollendung des Musterrisses einer Kappe werden die Fugen dadurch normal auf die Bogenlinie gezogen, daß wir von den beiden Brennpunkten der halben Ellipse Leitstrahlen nach den Theilpunkten ziehen, den Winkel, welchen diese Leitstrahlen an dem Theilpunkte als Spitze einschließen, halbiren und die, von dem Theilpunkte nach außen gezogene gerade Linie, welche die Fugenlinie darstellt, durch eine Horizontale schneiden, welche in demselben Abstand von der Grundlinie A′B gezogen wird, an welcher der Schnittpunkt der, einem gleichen Theilpunkte entsprechenden Fuge, an der Mantellinie des zuerst bestimmten Musterrisses, von der Grundlinie C′D′ entfernt ist.

Es leuchtet ein, daß bei der Ausführung unregelmäßiger Kreuzgewölbe sowohl die Grundbogen als auch die entsprechenden Musterrisse einer jeden Kappe herausgetragen werden müssen, ebenso, daß zum Heraustragen der Stirnschablonen, nach welchen die Wölbsteine von den rechtwinkeligen Stoßfugen aus bearbeitet werden, für jede Kappe der Grundbogen nach einem senkrechten Durchschnitt einer rechtwinkelig gegen die Scheitellinie geführten Ebene herausgetragen werden muß.

Weiterere Beispiele von unregelmäßigen Kreuzgewölben auzuführen, halten wir bei dem vorgeschriebenen beschränkten Umfange unseres Handbuches für nicht gerechtfertigt, und schließen wir unseren Abschnitt in der Erwartung, daß der aufmersame und einsichtsvolle Leser in der Kenntniß der Regeln des Steinschnittes bereits so weit vorgeschritten sein werde, schwierigere Aufgaben als die von uns der Betrachtung der Kreuzgewölbe zu Grunde gelegten mit Leichtigkeit zu lösen.

Zwölfter Abschnitt.

Von den Kuppelgewölben.

Die Wölbflächen der Kuppelgewölbe sind sphärisch oder sphäroidisch. Eine sphärische Fläche wird durch die Umdrehung eines Halbkreises um einen seiner Durchmesser, und eine sphäroidische Fläche durch irgend eine stetige krumme Linie erzeugt, welche um eine vertikale Achse eine ganze Umdrehung beschreibt. Nimmt man an, daß die stetige krumme Linie, welche um eine vertikale Achse eine ganze Umdrehung beschreibt, ein Viertelkreis sei, so wäre die halbe, nach unten hohlrunde Fläche, die durch diese Umdrehung erzeugt wird, ebenfalls eine sphärische, so daß wir uns die Erzeugung der sphärischen und sphäroidischen Gewölbeflächen auf gleiche Weise denken können und der Unterschied sich nur auf die Form der erzeugenden Linien bezieht.

Die zweckmäßigste und deshalb die allgemein gültige Anordnung der Schichten von sphärischen und sphäroidischen Gewölben ist die, sie zwischen horizontale, auf der Umdrehungsachse senkrecht stehende Ebenen zu legen und dabei die normale Richtung der Lagerfugen auf die erzeugende Linie, wie bei den anderen Gewölben beizubehalten. Die Schnitte der senkrecht gegen die Umdrehungsachse geführten Ebenen werden demnach sowohl an den sphärischen als auch an den sphäroidischen Gewölben Kreise sein. Hieraus ergibt sich, daß die Vertikalprojectionen der Fugen eines sphärischen oder eines sphäroidischen Gewölbes gerade, mit der Grundlinie parallele Linien, und daß die Horizontalprojectionen der nämlichen Fugen Kreise sind. Dieß vorausgesetzt, gehen wir zur Erklärung der Verfahrens über, nach welchem die Musterriße vorgezeichnet werden.

Es sei Fig. 241 der Grundriß von der Hälfte eines sphärischen Gewölbes durch eine Vertikalebene geschnitten, welche durch den Mittelpunkt des Gewölbes geführt ist, so daß AA und BB die Durchschnitte der Mauer darstellen, auf welcher das Gewölbe ruht; und die Fig. 240 sei die Vertikalprojection dieses Gewölbes, ebenfalls durch eine senkrechte Ebene gegen die horizontale Auflage desselben, welche in der Grundlinie A′ B′ dargestellt ist, durch die Mitte geschnitten. Der Viertelkreis OB′P Fig. 240 erzeugt durch seine Umdrehung um die Vertikale OF die innere Gewölbfläche, und der Halbmesser OB dieses Viertelskreises

Fig. 240.

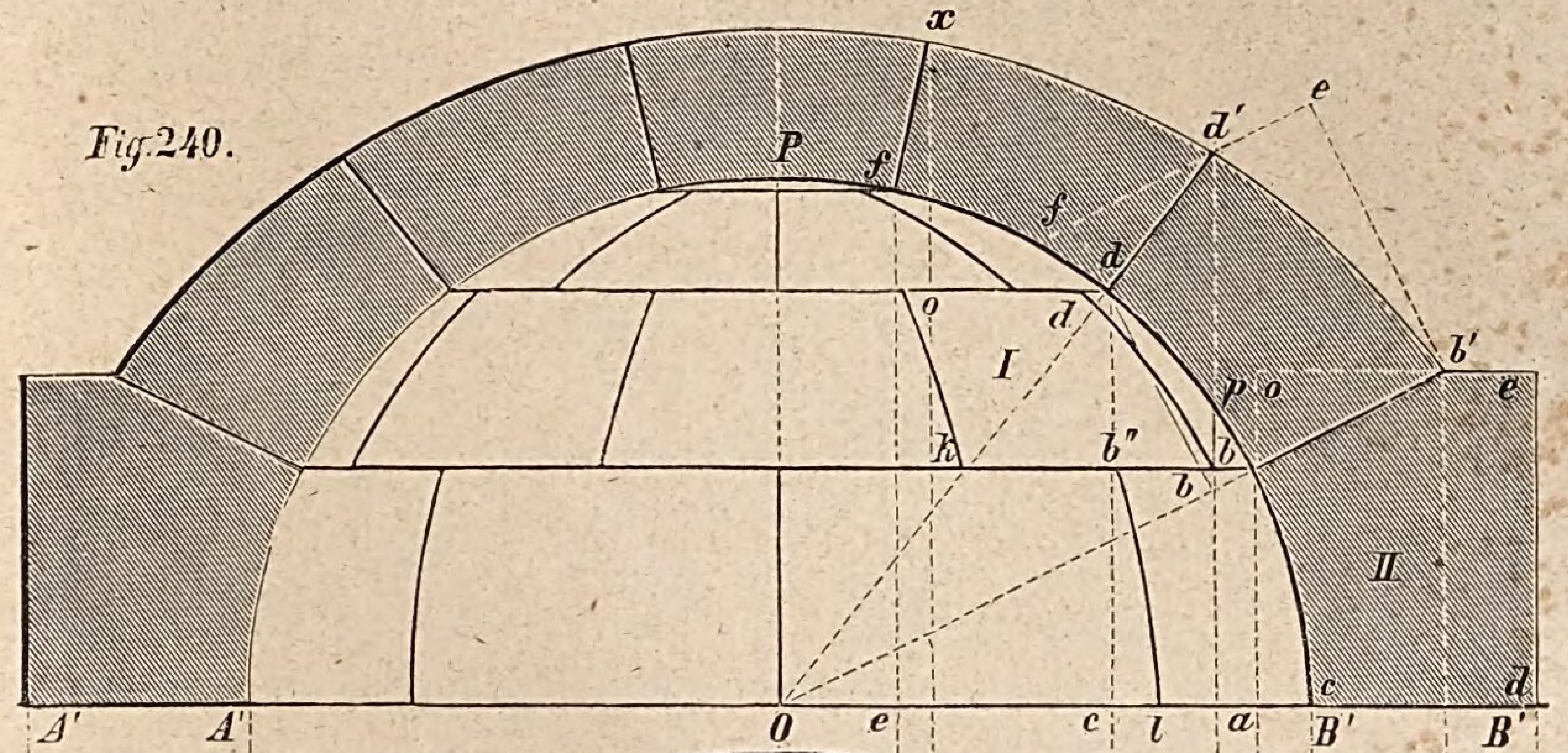
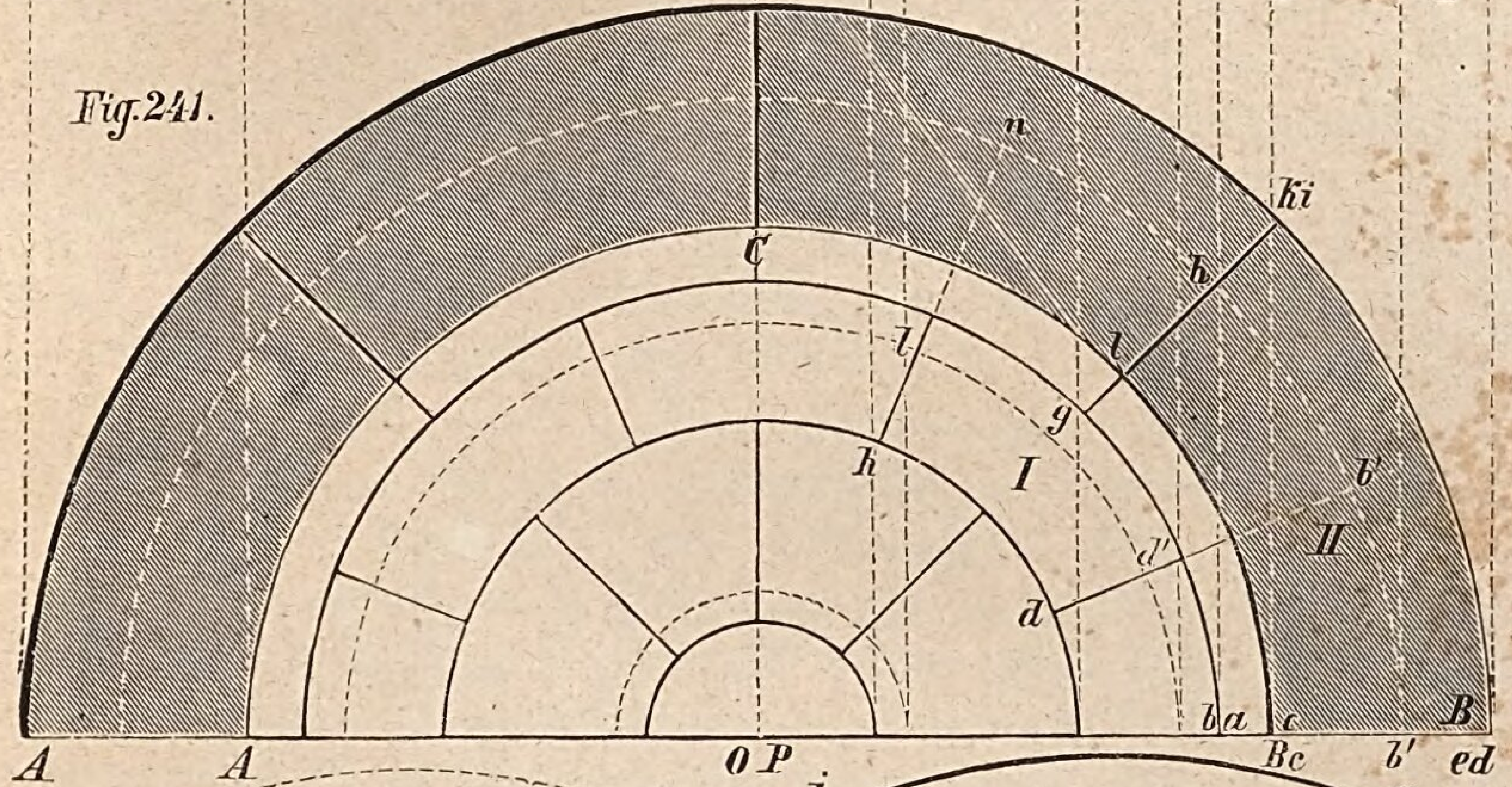


Fig. 241.



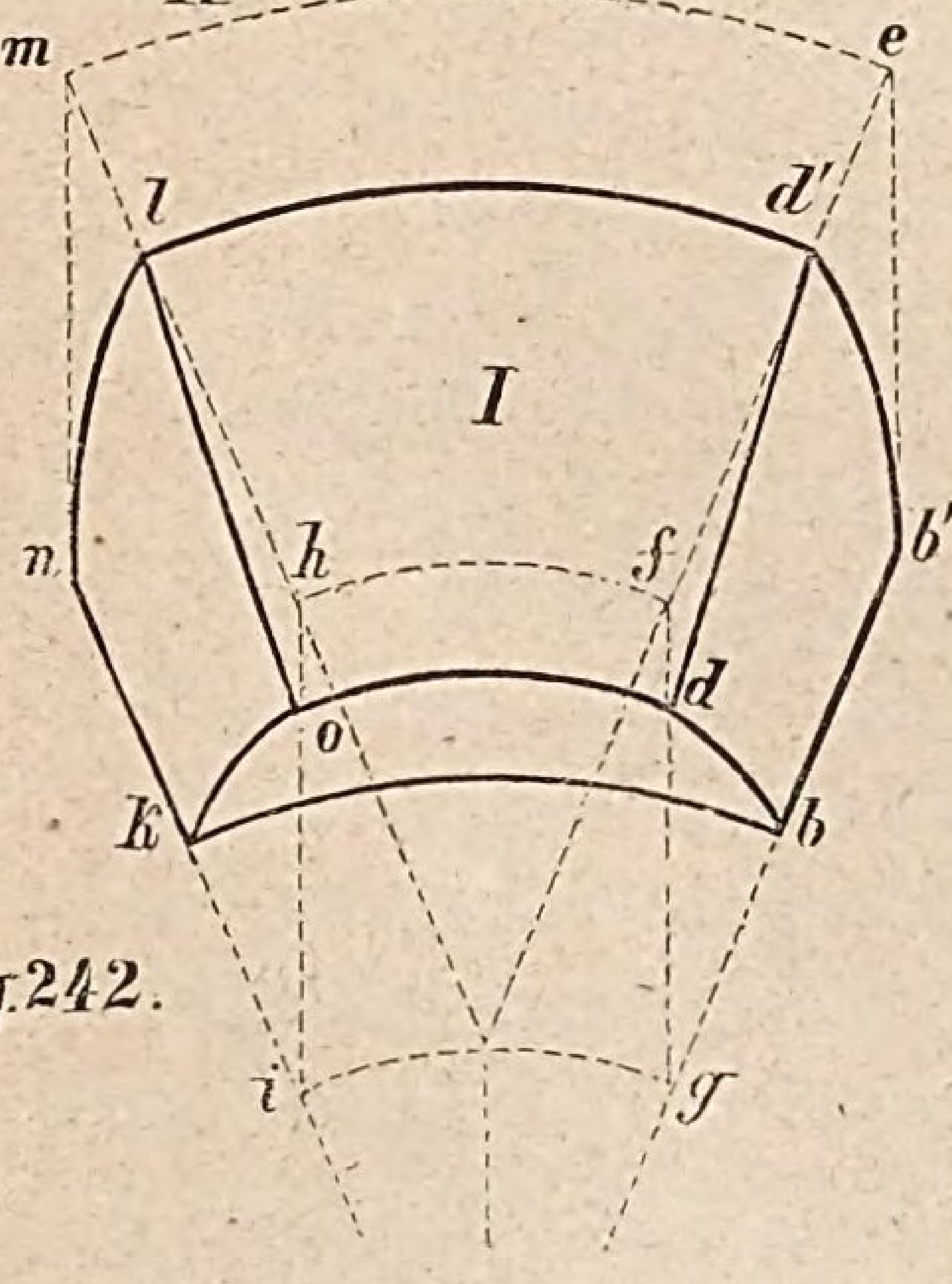


Fig. 242.

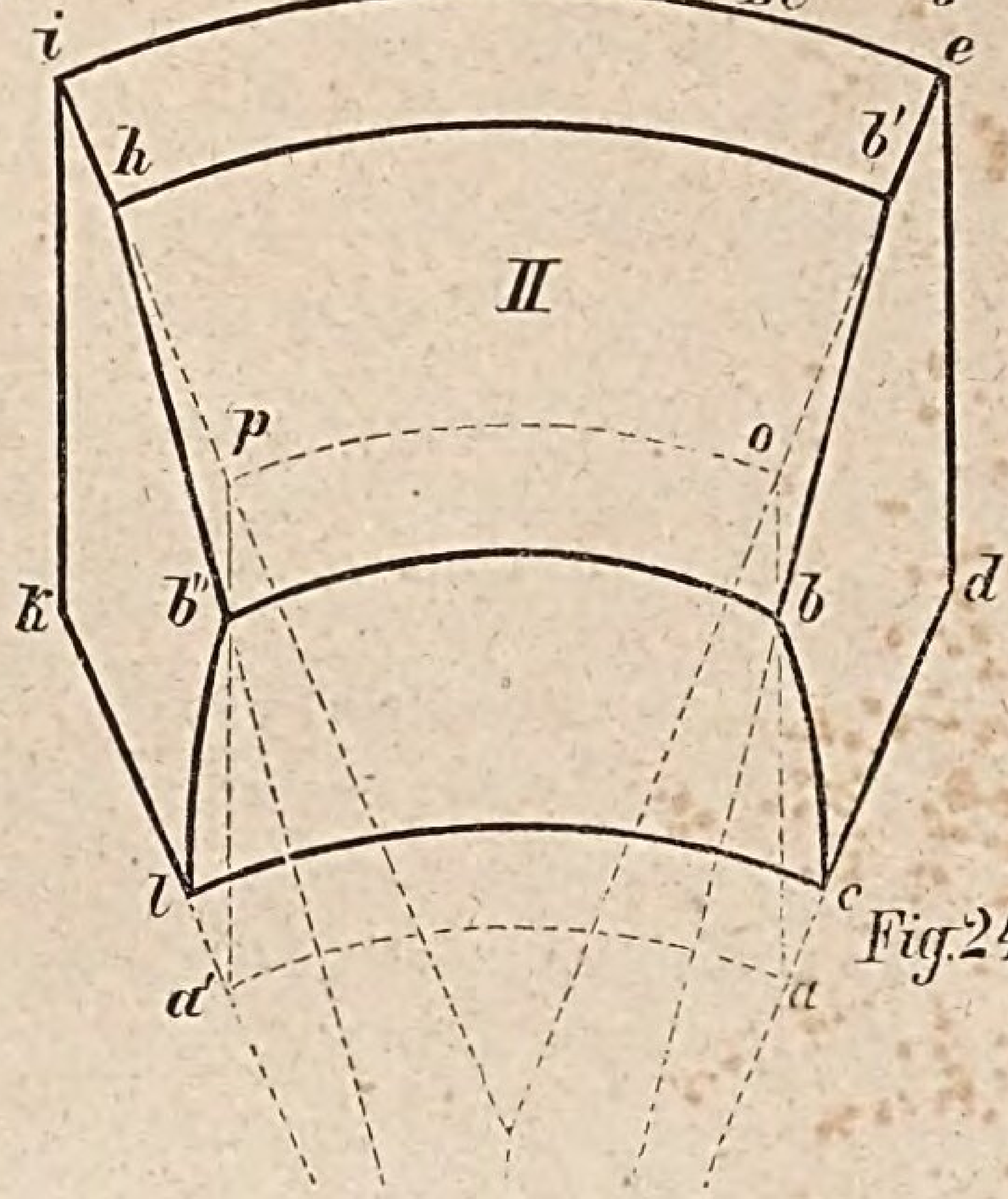


Fig. 243.

ist dem Halbmesser OC des Kreises Fig. 241 gleich, welcher die Horizontalprojection des auf dem Anfang des Gewölbes liegenden Kreises ist. Die Hälfte des Gewölbebogens Fig. 240 wird nun in soviel gleiche Theile getheilt, als das Gewölbe Schichten enthalten soll, indem man an dem Scheitel einen halben Theil vorbehält, welcher die Hälfte des Schlußsteines von dem Gewölbe ist. Durch die Theilpunkte b, d und f zieht man die Normalen an die Bogenlinie, welche die Durchschnitte der Fugen mit der Vertikalebene sind, die durch den Mittelpunkt des Gewölbes und parallel mit der Vertikalprojectionsebene geführt ist, und durch die nämlichen Theilpunkte zieht man mit der Grundlinie A′B′ Parallelen, bis sie die gegenüber befindliche andere Hälfte des Bogens schneiden, welches nun die Vertikalprojectionen der Fugenschnitte an der Gewölbefläche sind. Die Horizontalprojectionen der Fugenschnitte an der sphärischen Gewölbefläche sind in dem Fig. 241 nur zur Hälfte dargestellten Grundriße des Gewölbes Halbkreise, deren Halbmesser wir erhalten, wenn wir von den Theilpunkten b, d und f des in der senkrechten Durchschnittsebene gelegenen Gewölbebogens Senkrechte auf die Grundlinie A′B′ fällen und diese Senkrechten verlängern bis sie die Linie AB, welche die Horizontalprojection der senkrechten Durchschnittsebene ist, schneiden und aus dem Punkte O als Mittelpunkt mit den Halbmessern Ob′ Od′ Of′ Halbkreise beschreiben, welche die verlangten Horizontalprojectionen der Fugenschnitte sind. Die Horizontalprojectionen der Fugenschnitte an der Mantelseite werden nach demselben Verfahren gefunden, wenn einmal in dem Musterriße Fig. 240 die Bogenlinie für die Mantelfläche bestimmt ist. Die Stoßfugen der Wölbsteine erscheinen in der Horizontalprojection als gerade Linien, welche von den Theilpunkten nach dem Punkte O, welcher die Horizontalprojection der senkrechten Achse darstellt, gezogen werden. In der Vertikalprojection erscheinen diese Stoßfugen als krumme Linien, welche nach demselben Verfahren verzeichnet werden, welches wir in dem Abschnitte über die Nischen angegeben haben. Die allgemeine Methode für das Verzeichnen und Bearbeiten der Gewölbsteine von sphärischen Gewölben ist nun folgende. Nehmen wir an, es sei ein Gewölbstein der ersten Schicht zu verzeichnen, und es sei dieß der sowohl in Fig. 240 als auch Fig. 241 mit II bezeichnete Stein, dessen Länge durch den angenommenen Verband bestimmt ist. Aus der gegebenen Länge, sowie aus der Horizontalprojection der Fugenschnittlinie und der Stärke der Mauern ergibt sich der Grundriß dieses Steines, nach welchem die Lagerschablone heraus-

getragen wird. Nach der Lagerschablone wird nun vorerst der Stein so behauen, als wenn er einen Theil einer geraden kreisförmig cylindrischen Mauer bildete, indem man demselben zwischen den beiden Lagern eine Höhe gibt, welche der Höhe de der ersten Gewölbschichte gleich ist, so daß man einen Stein von der Form aa′, op, cd und ik erhält. Hierauf entnimmt man die Kopfschablone cdbb,e aus Fig. 240, vermittelst welcher die beiden Häupter cdbbe und lohik Fig. 243 verzeichnet werden und nach einer, von dem großen Bogen cb Fig. 241 entnommenen Lehre, verbindet man die Punkte b und b′ auf dem unteren Lager des Steines durch einen Kreisbogen cl Fig. 234, welcher nur die untere Kante der Bogenfläche ist. Die obere Kante bo wird nach einem breiten und sehr biegsamen Lineal, wozu gewöhnlich das Winkeleisen dient, dessen breite Fläche man mit der cylindrischen Fläche aa′op zusammenfallen läßt, vorgezeichnet, indem man das Lineal so anlegt, daß es genau durch die Punkte b und O geht, welche durch die Kopfschablonen gegeben sind, und daß man nun nach dem festen anschließenden Lineal den in der cylindrischen Fläche gelegenen Bogen vorzeichnet, welcher die obere Kante der Bogenfläche des Gewölbsteines darstellt. Um nun nach der vorgezeichneten Begrenzung der Bogenfläche dieselbe auszuhauen, bedient man sich einer, an dem Bogen eb Fig. 240 aufgenommenen Lehre, welche man gleichförmig über die Kanten cl und bo der Bogenfläche des Gewölbsteines Fig. 243 gleiten läßt. Ist die Bogenfläche des Steins vollendet, so wird die Lagerfläche vorgezeichnet, indem man die Punkte b′ und h Fig. 243, welche die Endpunkte des Fugenschnittes sind, der durch die Kopfschablonen gegeben ist, durch einen Kreisbogen bb′h verbindet, den man auf das obere Lager des Gewölbsteins vermittelst einer Lehre vorzeichnet, die man aus der Horizontalprojection nach dem Bogen bb′h Fig. 241 der hinteren Kante des Fugenschnittes aufnimmt. Hiernach wird die Lagerfläche nach dem Kreisbogen bo und b′h so bearbeitet, daß, wenn man ein Richtscheit gleichförmig über die Bogen bo und b′h gleiten läßt, dieses Richtscheit immer mit der kegelförmigen Fläche, welche die zu bearbeitende Lagerfläche bildet, zusammen fällt. Das Verzeichnen und Bearbeiten eines Gewölbesteines der zweiten Schichte, welche in unserem Beispiele schon bis zum Gewölberücken durchgeht, weicht von dem angegebenen Verfahren nur darin ab, daß man die Lagerschablonen zwar aus dem Grundriße entnimmt, und ebenso die Stirnschablonen aus dem senkrechten Durchschnitt Fig. 240; die Höhe des erforderlichen Steines aber wird so bestimmt, daß man über

die äußere Kante d′ der oberen Lagerfläche und über die innere Kante b der unteren Lagerfläche, Horizontale zieht und die senkrechte Entfernung dieser Horizontalen als die Höhe des Steines annimmt. Bei der perspectivischen Darstellung des mit I bezeichneten Gewölbsteines der zweiten Schichte sind die Begrenzungslinien des Steines nach der ersten Bearbeitung als Stein einer cylindrischen Mauer punktirt angegeben, so daß er die Form fgeb′himn hat, als wenn auch die obere Lagerfläche bis zu dem Bogen em bearbeitet werden müßte. Dieß ist jedoch nicht erforderlich, vielmehr wird der Rücken nach den, vermittelst der Kopfschablone vorgezeichneten krummen Linien, und nach den von d′ nach l und von b‘ nach n gezogenen Kreisbogen, schon bei der ersten Bearbeitung berücksichtigt. Um den Rücken richtig zu bearbeiten nimmt man von dem Musterriße Fig. 240 eine Lehre nach dem entsprechenden Bogen d′b auf, die man gleichförmig auf den Kanten d′b und b′n gleiten läßt. Der Umsicht der Steinhauer muß es hier, wie in so vielen anderen Fällen, wo es die Rücksicht auf Sparsamkeit erfordert, nicht mehr zu bearbeiten, als was durchaus nothwendig ist, und zur Darstellung eines Gegenstandes in bestimmter Form und Größe mit der möglich geringsten Steinmasse auszureichen, überlassen bleiben, die angegebene allgemeine Methode des Heraustragens und des Bearbeitens der Steine je nach den Umständen zur Ersparniß von Zeit und Stein abzuändern.

Denken wir uns ein sphärisches Gewölbe durch Vertikalebenen geschnitten, welche über den Seiten eines Quadrats oder Vielecks errichtet werden, das in den Grundriß der krummen Entstehungslinie der inneren Fläche des Gewölbes beschrieben ist; so erhalten wir in dem von dem Quadrat oder dem Vieleck umschlossenen Theil ein Gewölbe, welches sich von den Ecken der Grundfigur erhebt, und welchem man, zur Unterscheidung von dem sphärischen Gewölbe mit horizontalem Widerlager, den Namen Hängekuppel gegeben hat. Bei den sphärischen Hängekuppeln sind die Durchschnitte der inneren Seiten der Mauern mit der Leibungsfläche des Gewölbes Halbkreise. Diese Halbkreise sind als die, von den Ecken der Grundfigur sich erhebenden Kämpferlinien der Hängekuppel zu betrachten, gegen welche das Gewölbe einen Horizontalschub äußert.

Die zweckmäßigste Anordnung des Fugenschnittes der Hängekuppeln besteht in horizontalen Schichten, indem jede andere Anordnung dadurch fehlerhaft wird, daß die körperlichen Ecken der Wölbsteine spitze Winkel

einschließen. Regelmäßige Hängekuppeln entstehen nur alsdann, wenn die Grundriße der zu überwölbenden Räume regelmäßige Vielecke bilden. Wir werden bei der Betrachtung der Hängekuppeln den am häufigsten vorkommenden Fall annehmen, daß die Grundriße der inneren Mauerseiten des zu überwölbenden Raumes ein Quadrat bilden.

Fig. 244.

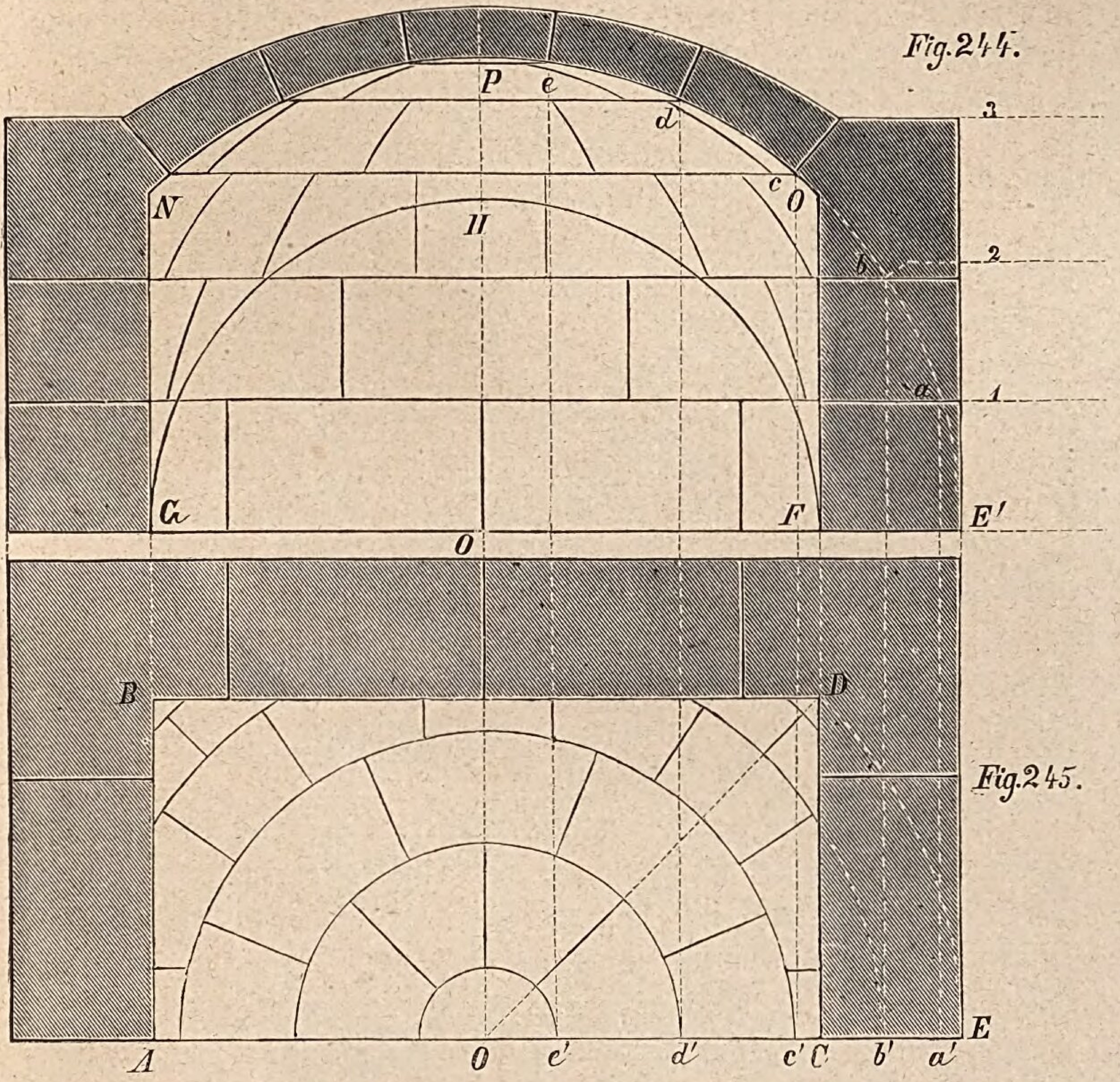


Fig. 245.

Es sei das Rechteck ABCD Fig. 245 die Hälfte des Quadrats, welches durch die Grundriße der inneren Seiten der Mauern des zu überwölbenden Raumes gebildet wird, und der Punkt O die Horizontalprojektion des Mittelpunktes der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes. Um nun den Musterriß des Gewölbes dem gegebenen Grundriße entsprechend zu verzeichnen, entnehmen wir das einzuhaltende Verfahren leicht aus der vorhergegangenen Definition der Hängekuppeln.

Nehmen wir die Grundlinie FG des Musterrißes Fig. 244 parallel mit AC und BD an und betrachten die Grade FG als die

Vertikalprojection der Horizontalebene, in welcher die vier Kämpferpunkte gelegen sind, von denen die sphärische Hängekuppel sich erhebt, so wird der Durchschnitt O' an dieser Graden, wo eine von dem Mittelpunkt O im Grundriße Fig. 244 gegen FG gefällte Senkrechte diese Grade schneidet, die Vertikalprojeltion des Mittelpunktes der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes sein. Verlängert man die Seite AB unbestimmt gegen den Punkt N, und die Seite CD unbestimmt gegen den Punkt O; beschreibt sodann aus dem Punkte O mit dem Halbmesser OF = OG den Halbkreis FGH; so ist dieser Halbkreis die Vertikalprojection von dem Durchschnitte der Mauerseite, von welcher die gerade Linie BD Fig. 245 der Grundriß ist mit der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes. Den Bogen OPN des ganzen sphärischen Gewölbes, dessen Durchmesser gleich ist der Diagonale des Quadrates von dem zu überwölbenden Raume, erhalten wir, wenn wir aus demselben Mittelpunkt O mit dem Halbmesser OE gleich der halben Diagonale OD Fig. 245 einen Halbkreis beschreiben, welcher die Grade FO in dem Punkte O und die Grade GN in dem Punkte N schneidet. Diese Punkte O und N sind die Scheitelpunkte der Durchschnitte von den über den Seiten CD und AB errichteten senkrechten Ebenen mit der inneren Fläche des sphärischen Gewölbes, und liegen mit dem Scheitelpunkte H des Halbkreises FGH in einer Horizontalebene. Die Fig. FGH OPN ist nun die Vertikalprojection von der Hälfte der inneren Fläche der Hängekuppel.

Wird nun noch die Rückenlinie nach der angenommenen Stärke des Gewölbes gezogen, bis zur Höhe der Umfangsmauern, deren Stärke sich ergibt, wenn man die auf der Grundlinie FG senkrechtstehenden äußeren Seiten der Mauern im Grundriß Fig. 245 bis zur gegebenen Höhe verlängert; so bleibt nur noch zur Vollendung des Musterrisses die Horizontal- und Verticalprojection des Fugenschnittes übrig. Um diese Projection zu erhalten, theilt man vorerst den halben Bogen E'OP des ganzen sphärischen Gewölbes in soviel gleiche Theile, als das Gewölbe Schichten erhalten soll und zieht aus den Theilpunkten a, b, c, d und e zu der Grundlinie FG Parallele; so sind die innerhalb der Senkrechten FO und GN befindlichen, sowie die von dem Bogen OPN eingeschlossenen Theile dieser Parallelen die Vertikalprojectionen von den Fugen der horizontalen Wölbschichten an der Wölbfläche des sphärischen Gewölbes. Fällt man aus denselben Theilpunkten a, b, c, d und e Senkrechte gegen die Grundlinie FG, welche beliebig verlängert die mit

der Grundlinie parallele Linie CA in den Punkten a′, b′, c′, d′ und e′ treffen; beschreibt sodann aus dem Punkte O als Mittelpunkt und mit den Halbmessern Oa′, Ob′, Oc′, Od′ und Oe′ Kreisbogen; so sind die Theile dieser Kreisbogen, welche sich innerhalb der Mauerseiten AB, CD und BD befinden, die Horizontalprojectionen der Lagerfugen der über die Theilungspunkte geführten horizontalen Schichten der Hängekuppel. Werden nun von den Theilungspunkten a, b, c, d und e die Fugen von a der ersten Schicht horizontal, der zweiten Schicht von b normal bis zur horizontalen Fuge der Mauerschichte, und von c, d und e normal bis zur Rückenlinie gezogen; so ist der Musterriß der einen Hälfte vollendet, welchem die andere Hälfte genau entspricht.

Die Anordnung der Stoßfugen von den Wölbsteinen bleibt dieselbe wie bei den Kuppelgewölben. Es müssen dieselben ebene Flächen bilden, welche senkrecht gegen die Grundfläche und zugleich centrisch gegen die durch den Mittelpunkt O gehende Drehachse geführt werden. Greifen Wölbsteine in die Schichten der senkrechten Umfangsmauern ein, so werden die Stoßfugen des in die Mauerschichte eingreifenden Theiles von dem Wölbsteine senkrecht auf die horizontale Lagerfläche der Mauerschichte geführt, wie dieß aus der Vertikalprojection der inneren Gewölbeansicht Fig. 244 ersehen werden kann.

Dem vorbesprochenen Beispiele von einer Hängekuppel über quadratem Raume fügen wir ein zweites Beispiel bei, welches sich von dem ersteren nur dadurch unterscheidet, daß das Gewölbe auf vier freistehenden Pfeilern ruht, die unter sich durch vier Gurtbogen verbunden werden, welche die Hängekuppel nach den über die Mauerseiten geführten senkrechten Ebenen schneiden und statt der Umfangsmauern abschließen.

Die Fig. 246 stellt die Vertikalprojection als Durchschnitt nach einer im Grundriß Fig. 247 durch den Mittelpunkt senkrecht und zugleich parallel mit der Seite BD in Fig. 247 und der Grundlinie FG in Fig. 246 geführten Ebene dar, mit der Ansicht der inneren Fläche des Gewölbes und der Gurtbogen. Um die Horizontal- und Vertikalprojection von dem Fugenschnitte an der Gewölbfläche zu erhalten, wird das in dem vorigen Beispiele angegebene Verfahren eingehalten, wie wir dieß durch punktirte Einzeichnung in den Fig. 246 und 247 angedeutet haben; sodann beschreibt man aus dem Mittelpunkte O Fig 246 den Grundbogen des vor die Gewölbfläche tretenden Gurtbogens, und theilt den Bogen so, daß die von den Theilpunkten gezo-

Fig. 246.

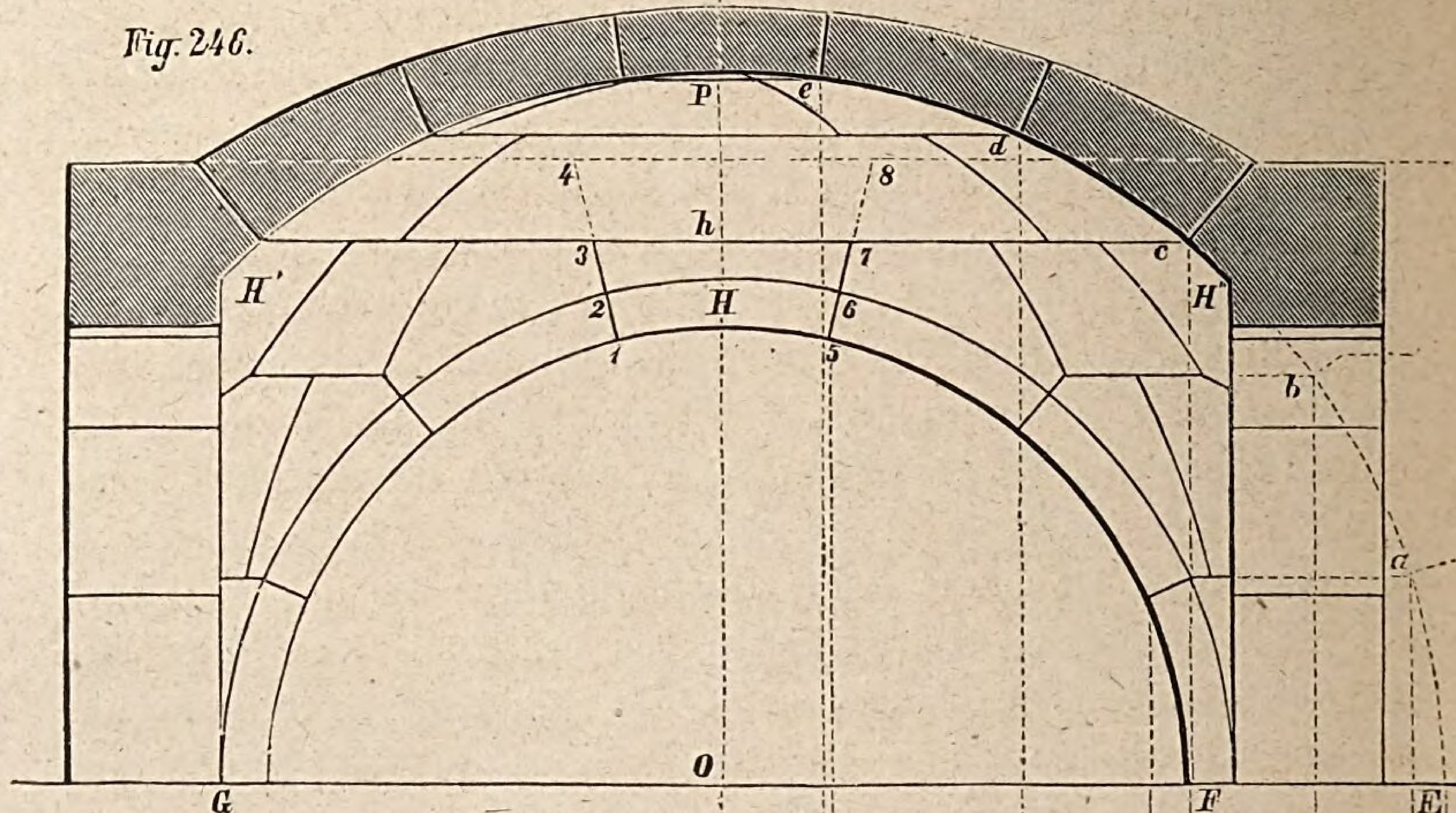
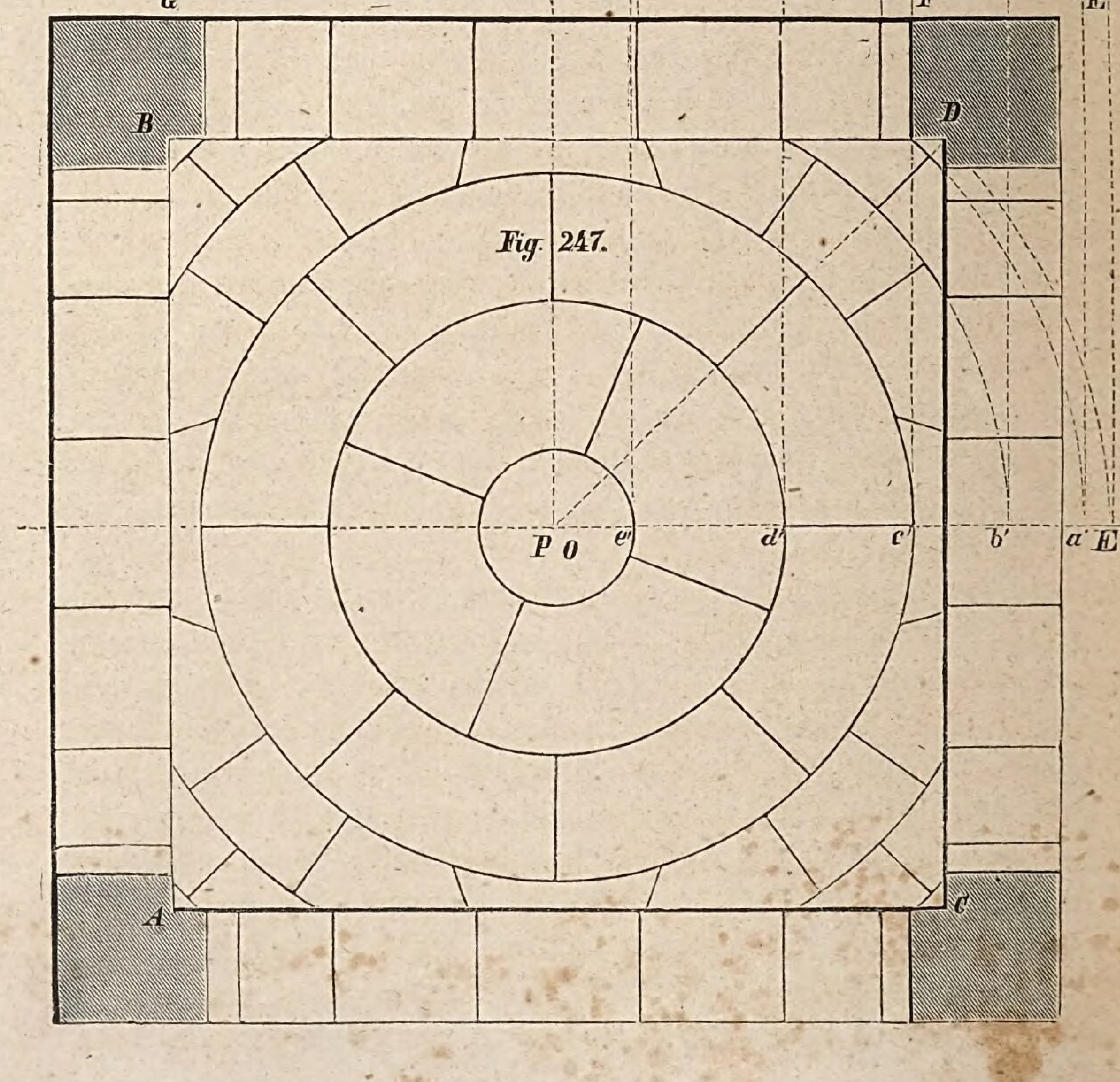


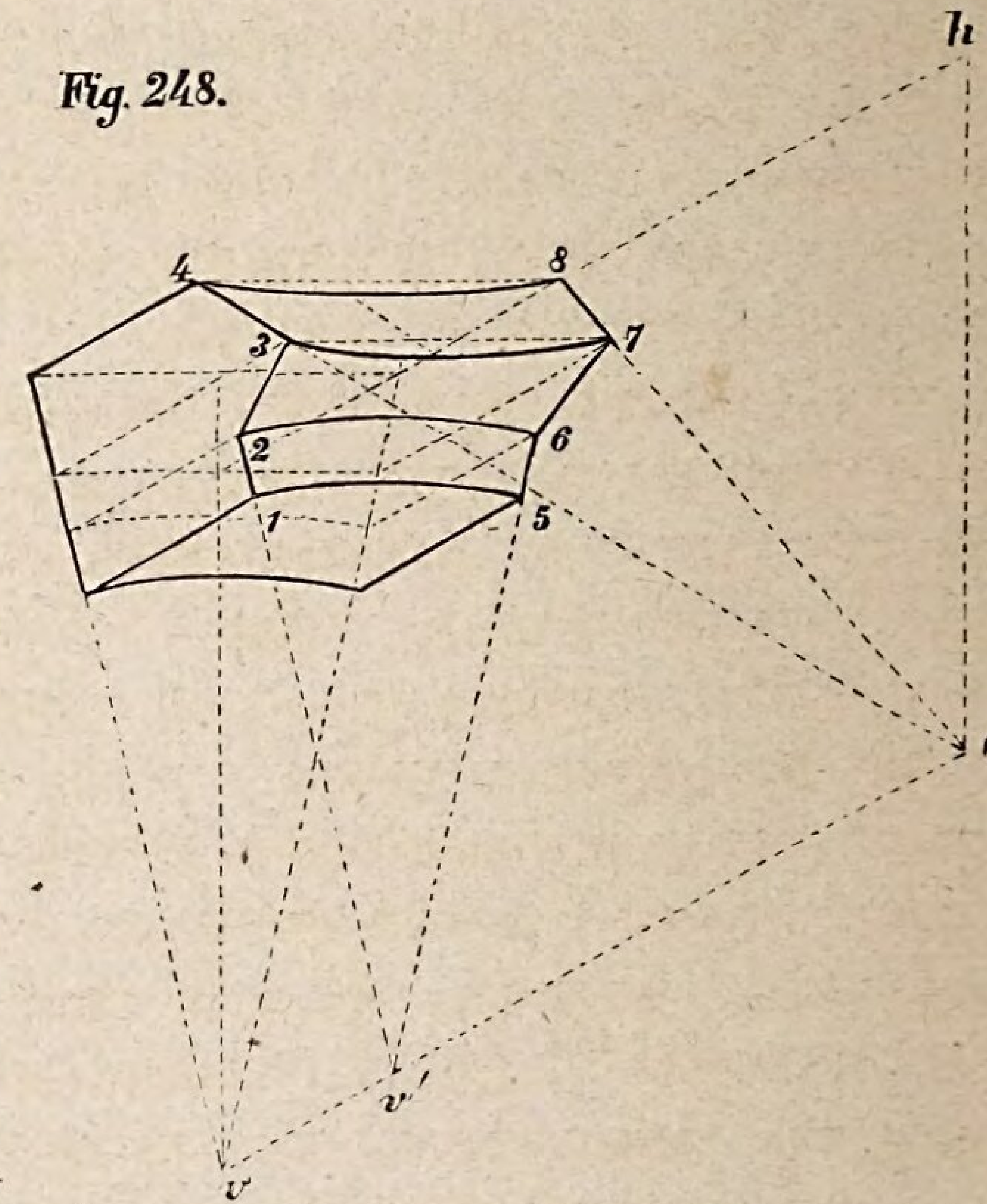
Fig. 247.



genen Normalen die entsprechenden Fugen an der Wölbfläche der Hängekuppel so treffen, daß sich daraus keine Unregelmäßigkeit ergibt, welche zu spitzwinkeligen Anschlüssen führt. Eine derartige Unregelmäßigkeit würde zum Beispiel entstehen, wenn der Schnittpunkt der über den ersten Theilpunkt des Gurtbogens geführten Normalen an der Gewölbefläche höher läge als die über den ersten Theilpunkt a des Hauptbogens von dem Kuppelgewölbe E'P geführte horizontale Fuge. Man führt deßhalb von dem Schnittpunkte der über den ersten Theilpunkt a des Hauptbogens geführten Horizontalen mit dem Stirnbogen FGH als erstem Theilpunkt für den Gurtbogen, die diesem Gurtbogen zugehörige normale Fuge, und theilt von dieser Fuge an die übrigen Wölbsteine ein, auch wenn sie durch diese Theilung eine ungleiche Breite erhalten. Die Wölbsteine der Gurtbogen werden mit dem sphärischen Gewölbe in Verbindung gesetzt. Man läßt sie nämlich so weit in das Gewölbe übergreifen, daß die auf die Leibung der Gurtbogen normalen Fugen bis zu der zunächst in ihrer Richtung vorkommenden horizontalen Lagerfuge einer Schichte des Kuppelgewölbes gezogen werden. Die Schnitte der Fugen von den Gurtbogensteinen mit der Fläche des sphärischen Gewölbes, welche in der Vertikalprojection Fig. 246 gerade Linien sind, erscheinen in der Horizontalprojeetion Fig. 247 als krumme Linien. Wie diese krummen Schnittlinien gezeichnet werden müssen, wird dem aufmerksamen Leser noch aus dem Abschnitte über die Nischen erinnerlich sein; so wie wir denn auch das Verfahren als bekannt voraussetzen, wie die Horizontalprojectionen der Fugenschnitte an der Leibung der Gurtbogen, welche sich durch die über die Theilpunkte des Grundbogens Fig. 246 geführten Senkrechten für die eine Hälfte der beiden Gurtbogen ergeben, welche parallel mit den Seiten AC und BD errichtet sind, auch auf die andere Hälfte dieser Bogen übergetragen werden. Da nämlich alle Gurtbogen untereinander gleich sind, so werden auch die Fugenschnitte unter sich gleich sein müssen, und wir können die Abstände der Fugenschnitte von der Mittellinie des einen Gurtbogens auch von der Mittellinie eines anderen Gurtbogens antragen, um darnach die entsprechenden Fugen dieses Bogens zu ziehen.

Wir geben in der Fig. 249 die perspectivische Darstellung eines Schlußsteins von den vier gleichen Gurtbogen. Dieser Stein wird vorerst nach der aus der Horizontalprojection Fig. 247 zu entnehmenden Lagerschablone und nach der aus der Vertikalprojection Fig. 246 abzutragenden Kopfschablone so bearbeitet, als bilde er den Schlußstein eines

Fig. 248.



Mauerbogens in einer Mauer, deren eine Seite gerade und eben und deren andre Seite gerade cylindrisch sei; sodann werden die unter sich gleichen Fugenschablonen an die entsprechenden Fugenflächen angelegt und nach diesen die Fugenschnittlinien 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 vorgezeichnet. Nach dieser Vorzeichnung werden die in die innere Cylinderfläche fallenden Punkte 3 h 7 unter sich durch eine krumme Linie verbunden, welche nach einem biegsamen Lineal, dessen breite Fläche man an die cylindrische Fläche anschließen läßt und es so anlegt, daß es genau durch die vorgezeichneten Punkte 3 h h geht, gezogen wird. Dieser in der cylindrischen Fläche gelegene Bogen 3, h 7 stellt die obere Kante der Gewölbfläche des Schlußsteines dar, von welcher aus die kegelförmige Fläche nach den vorgezeichneten Schnittlinien 3, 4 und 7, 8, so wie auch die hohlkugelförmige Gewölbfläche bis zur Oberkante des Gurtbogens 6, 2 bearbeitet wird.

Die Bogenlinie des über die Punkte 4 und 8 geführten Schnittes der kegelförmigen Fläche wird nach einer aus der Horizontalprojection Fig. 247 zu entnehmenden Lehre vorgezeichnet. Bei der Bearbeitung der kegelförmigen Fläche muß ein über die beiden Bogenschnittlinien geführtes und gleichförmig über die Bogen 3, 7 und 4, 8 gleitendes Richtscheit mit der kegelförmigen Fläche, welche die Lagerfläche bildet, zusammenfallen. Die Schnittlinien 3, 4 und 7, 8, welche erzeugende Linien dieser kegelförmigen Fläche darstellen, müssen, verlängert, in dem Punkte O, welcher der Mittelpunkt des sphärischen Gewölbes ist, schneiden. Denken wir uns an die durch O geführte Senkrechte, welche die Achse darstellt, um die der Vertikalkreis OE′P Fig. 246 durch eine ganze Umdrehung die sphärische Gewölbfläche erzeugt hat, den Punkt h in derselben Entfernung angetragen, als die durch den Punkt h in Fig. 246 geführte Horizontalebene von dem Punkte O entfernt ist; so

wäre h Fig. 248 der Mittelpunkt des Kreisbogens, von welchem der über die Punkte 3 und 7 vorgezeichnete einen Theil bildet, und dessen Halbmesser h 3 und h 7 gleich ist dem Halbmesser h c des in Fig. 246 über den Punkt h geführten horizontalen kreisförmigen Fugenschnittes an dem sphärischen Gewölbe.

Zur Bearbeitung der sphärischen Fläche dient eine Lehre, welche einen Theil des die Gewölbfläche erzeugenden Viertelskreises OE′P bildet, und welche in gleichförmiger Bewegung so geführt wird, daß sie über die Bogenlinien 2, 6 und 3, 7 gleitet und zugleich mit der zu bearbeitenden sphärischen Fläche zusammenfällt. Der Erzeugung der sphärischen Gewölbefläche entsprechend, müssen die einen Theil der erzeugenden Kreislinie bildenden Lehren so über die zu bearbeitenden Flächen geführt werden, daß die Schnittpunkte derselben an den zwei Kanten, über welche sie gleiten, genau in einer senkrechten und zugleich durch den Mittelpunkt O geführten Ebene liegen würden, wenn der Stein an die Stelle versetzt gedacht wird, welche er nach den Musterrissen Fig. 246 und Fig. 247 einzunehmen hat. Es müssen deßhalb an die Kanten, über welche die Lehren gleiten sollen, einige der in senkrecht gegen die Achse geführten Ebenen gelegenen Schnittpunkte an diesen Kanten, vorher scharf bezeichnet werden.

Nach dem, was wir in Bezug auf das Heraustragen und das Bearbeiten des in Fig. 248 dargestellten Schlußsteins von einem der Gurtbogen der Hängekuppel zu erwähnen Veranlassung nahmen, wird es keine Schwierigkeit darbieten, bei dem Heraustragen und Bearbeiten der anderen Gurtbogensteine, welche ebenfalls zugleich Bestandtheile des sphärischen Gewölbes ausmachen, das geeignete Verfahren einzuhalten. Der obere Theil des Gewölbes, welcher von dem Theilpunkte c an aus ununterbrochen fortlaufenden horizontalen Schichten besteht und Callotte genannt wird, kann als eine gewöhnliche Kuppel betrachtet werden, deren erzeugende Linie der halbe Segmentbogen c h P ist.

Dreizehnter Abschnitt.

Von den Treppen.

Man versteht unter Treppen die Anlage einer Anzahl von senkrechten Stufen mit horizontalen Absätzen, welche dazu dienen, um auf

derselben in höher liegende Räume aufwärts, und in tiefer liegende Räume abwärts schreitend gelangen zu können. Alle Treppen müssen nun Das miteinander gemein haben, daß das Auf- und Abwärtsschreiten mit möglichster Bequemlichkeit, das heißt: so geschehen kann, daß dabei der menschliche Körper nicht außergewöhnlich angestrengt wird. Nach dieser Anforderung muß die senkrechte Höhe der Stufen, welche Steigung, zur Breite derselben, welche Auftritt genannt wird, in einem gewissen Verhältnisse stehen, entsprechend dem gewöhnlichen Schritte eines Menschen beim Ersteigen einer schiefen Ebene. Da man nun beim Ersteigen schiefer Ebenen um so weniger vorwärtsschreitet, je größer der Neigungswinkel derselben ist; so kann man die Höhe der in der schiefen Ebene gedachten Stufen nicht vermehren, ohne daß die Breite der Stufen sich nach umgekehrtem arithmetischem Verhältnisse ändert; mit andren Worten: wenn man die Steigung um eine gewisse Größe vermehrt, so wird man den Auftritt um dieselbe Größe vermindern müssen, und ebenso umgekehrt, wenn man den Auftritt um eine gewisse Größe vermehrt, so wird man die Steigung um dieselbe Größe vermindern müssen. Nehmen wir an, es sei eine Treppe bequem, wenn die Stufen bei 6 Zoll Steigung einen Auftritt von 12 Zollen haben, so werden andere Stufen von 7 Zoll Steigung einen entsprechenden Auftritt von 11 Zollen erhalten; wäre dagegen die Steigung nur 5 Zoll, so würde der entsprechende Auftritt 13 Zoll betragen müssen.

Das angeführte Verhältniß zwischen Steigung und Auftritt entspricht der auf vielen Werkplätzen gültigen Annahme, daß die Summe der Abmessungen beider 18 Zollen gleich sein soll. Wird bei dieser Annahme das französische Maaß zu Grunde gelegt; so stellen sich allerdings recht günstige Verhältnisse zwischen Steigung und Auftritt der Stufen heraus.

Wenn die Zolle des landesüblichen Maaßes größer oder kleiner sind als die Zolle des zwölftheiligen alten Pariser Fußes, so wird eine Reduction des Grundverhältnißes von 18 Pariser Zollen auf Zolle des landesüblichen Maaßes vorgenommen werden müssen.

Auch wird das gegenseitige Verhältniß von Steigung und Auftritt so angenommen, daß das Doppelte der Steigung zum einfachen Auftritt addirt 24 Zolle beträgt. Wäre demnach die Steigung 6 Zoll, so wäre der entsprechende Auftritt 24—6. 2=12 Zoll, wie bei der ersteren Annahme, wo Steigung und Auftritt zusammen 18 Zolle betragen sollen. Stimmt bei einer Steigung von 6 Zoll die Breite des Auftrittes nach

beiden Verfahrungsarten überein, so ist dieß bei veränderter Steigung nicht der Fall.

Unter Zugrundlegung der Zahl 24, von welcher das Doppelte der Steigung abgezogen die Breite des Auftritts angibt, wird bei geringerer Höhe der Steigung die Breite des Auftritts größer, bei größerer Höhe der Steigung die Breite des Auftrittes aber geringer als unter Zugrundlegung der Zahl 18, von welcher die einfache Steigung abgezogen die Breite des Auftrittes angibt. Das zuerst erwähnte Verfahren, nach welchem das gegenseitige Verhältniß von Steigung und Auftritt so angenommen wird, daß die Summe der beiden Abmessungen 18 Zoll beträgt, verdient erfahrungsgemäß den Vorzug.

Die geringste Steigung ist bei Steintreppen zu 4 Zoll und die größte Steigung zu 8 Zoll anzunehmen. Eine geringere Höhe würde der Festigkeit und eine größere Höhe der Bequemlichkeit zum Nachtheil gereichen.

Die Länge der Stufen richtet sich einestheils nach der Anzahl von Personen, welche nebeneinander die Treppe ungehindert sollen begehen können, anderntheils aber auch nach den Dimensionen der Gebäude, an oder in welchen die Treppen angelegt werden.

In ersterer Beziehung dient als Anhalt, daß als Minimum der Länge von Stufen, welche zum Begehen einer gewissen Anzahl von Personen dienen sollen, mindestens gleich sein muß der Breite dieser Anzahl von Personen zwischen den Schultern gemessen. Beträgt die Breite einer Person an den Schultern gemessen 20 Zolle; so muß demnach die geringste Länge der Stufen von einer inneren Treppe, auf welcher sich zwei Personen müssen begegnen können, vierzig Zoll betragen. Wo es der Raum gestattet, da wird dieser durch das dringendste Bedürfniß gebotenen Länge der Stufen etwas zugesetzt.

Ihrer Lage nach unterscheidet man die Treppen als Freitreppen und als Innere Treppen.

Die Freitreppen, welche außerhalb der Gebäude angebracht werden, werden als einseitige bezeichnet, wenn sie nur in einer Richtung begangen werden können; zweiseitig werden sie genannt, wenn sie aus zwei Armen bestehen, so daß sie von zwei Seiten bestiegen werden können, und dreiseitige Freitreppen sind solche, welche der Art angelegt sind, daß sie von drei Seiten bestiegen werden können.

Die Arme einer Freitreppe, worunter man eine ununterbrochene Reihenfolge von Treppenstufen versteht, welche sich zwischen dem An-

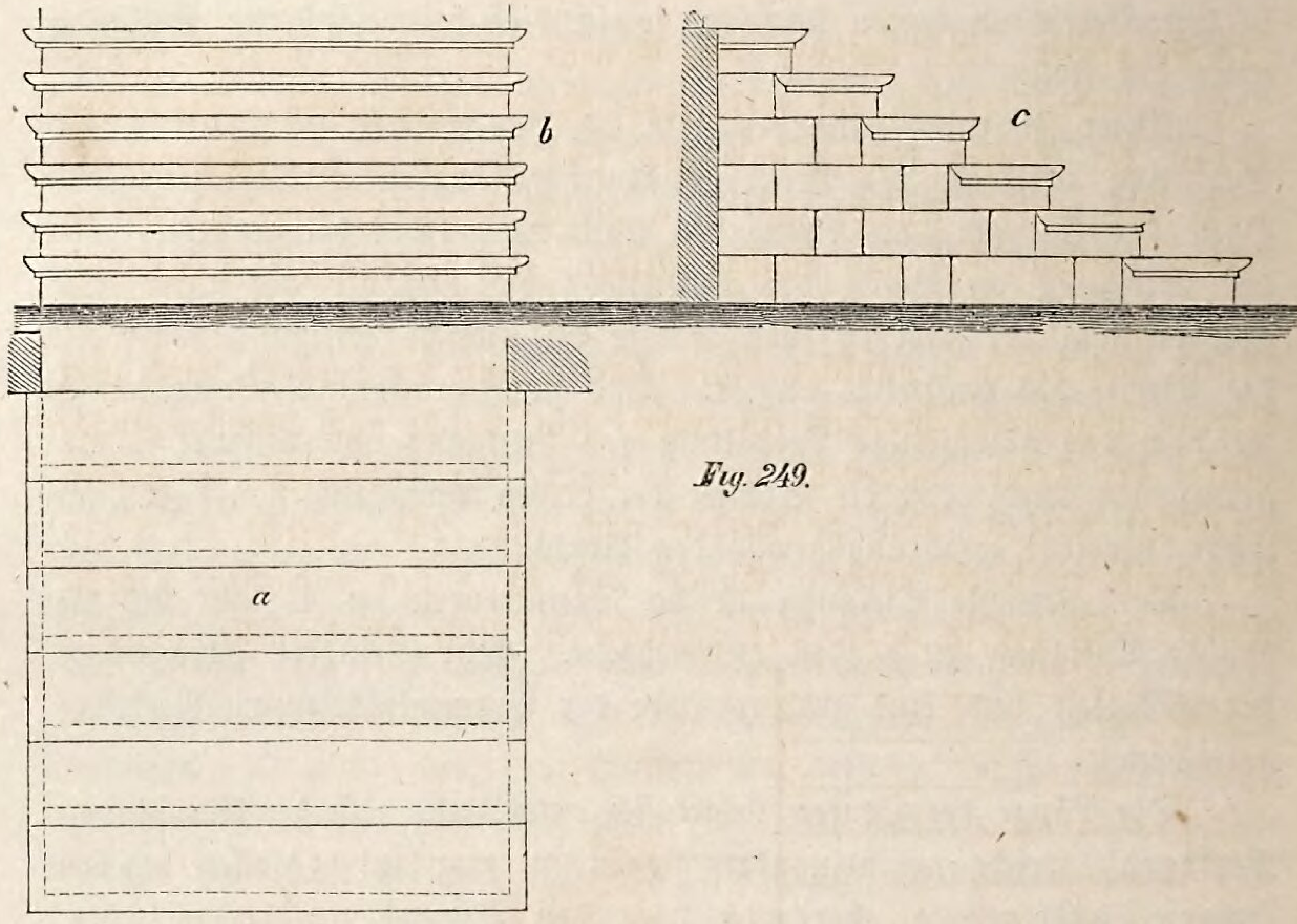


Fig. 249.

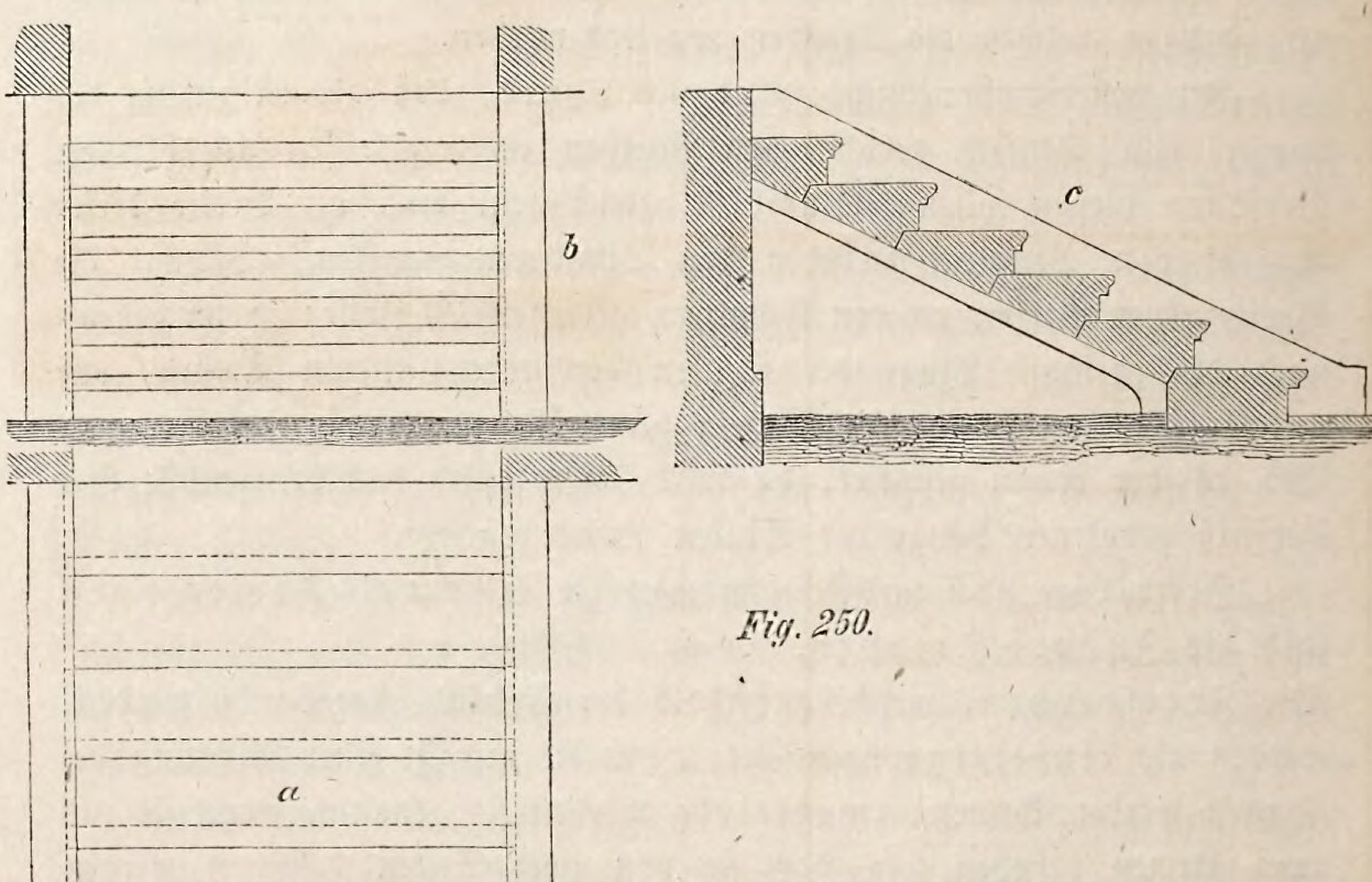


Fig. 250.

und Austtritt, oder zwischen dem Ausritt und einem Podeste (Ruheplatz) befinden, werden auf verschiedene Weise abgeschlossen. Die beiden Enden der Stufen können nach Fig. 249, welche in a den Grundriß, in b die vordere Ansicht und in c die Seitenansicht einer einarmigen Treppe darstellt, frei und sichtbar bleiben, oder sie können nach Fig. 250 welche in a den Grundriß, in b die vordere Aasicht und in c den Durchschnitt nach der in a punktirt eingezeichneten Linie xy darstellt, durch zwei Steine, sogenannte Wangen eingerahmt sein, welche nach dem Neigungswinkel der Treppe aufgestellt und in welche die Kopfenden der Stufen eingefügt werden; oder sie werden nach Fig. 251, welche in a den Grundriß, in b die vordere Ansicht und in c den senkrechten Durchschnitt nach der in a punktirt einzeichneten Linie xy darstellt, zwischen

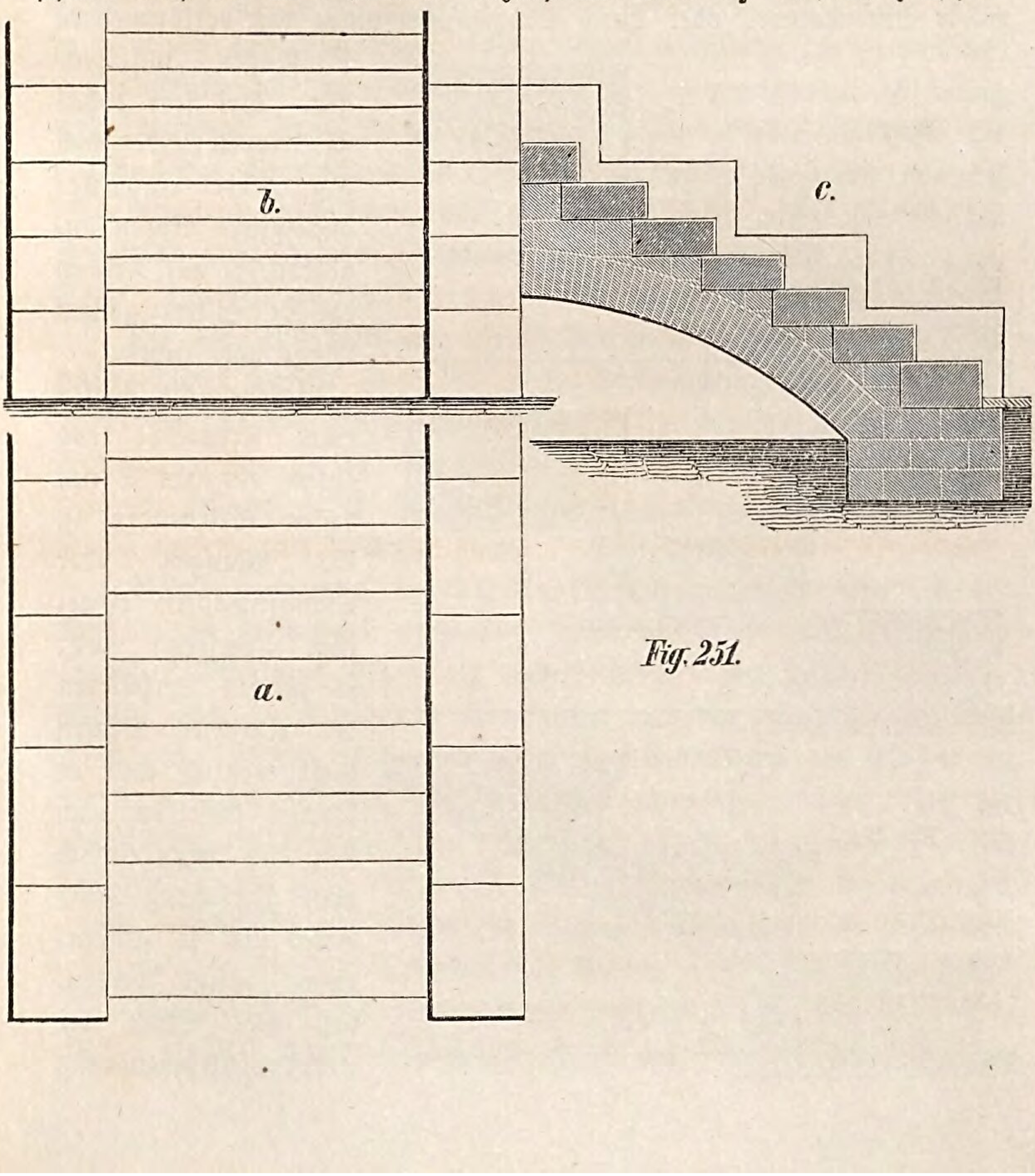


Fig. 251.

zwei, meist geraden und parallelen Mauern, welche Wangen- oder Postamentmauern genannt werden, aufgeführt.

Die unterste Stufe einer Freitreppe ruht ihrer ganzen Länge nach auf einer Fundamentmauer, und die übrigen Stufen, von denen jede die zunächst folgende um einige Zolle unterstützt, sind mit ihren Stirnenden entweder in die Wangen oder Wangenmauern eingefügt (versetzt), wodurch sie ein festes Auflager erhalten; oder sie ruhen auf einer Untermauerung, welche entweder aus stufenweisen Verstärkungen der Wangenmauern selbst besteht; oder aber, wie bei der in Fig. 249c dargestellten Treppe, für sich bestehende Mauern bilden. Ist eine Freitreppe so breit, daß die Stufen nicht aus einem einzigen Steine bestehen können; so werden alle Stufen ihrer Länge und Breite nach massiv untermauert, oder durch Stützmauern unter den vorkommenden Stoßfugen unterfangen. Bei sehr hohen Freitreppen werden nach Fig. 251c einhüftige ansteigende Bogen angeordnet, auf welchen die Stufen ihrer ganzen Länge nach ruhen.

Fig. 252.

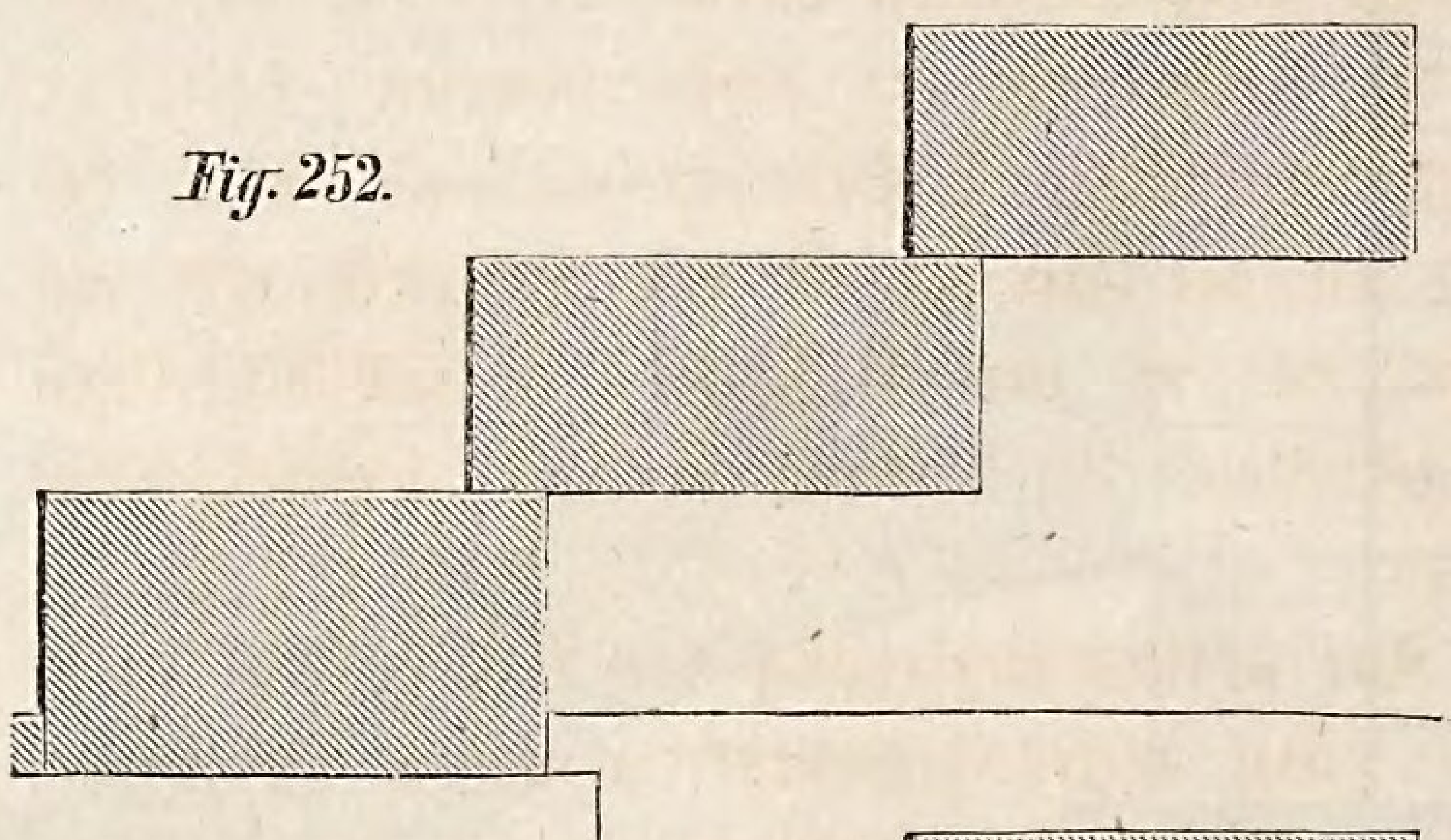


Fig. 253.

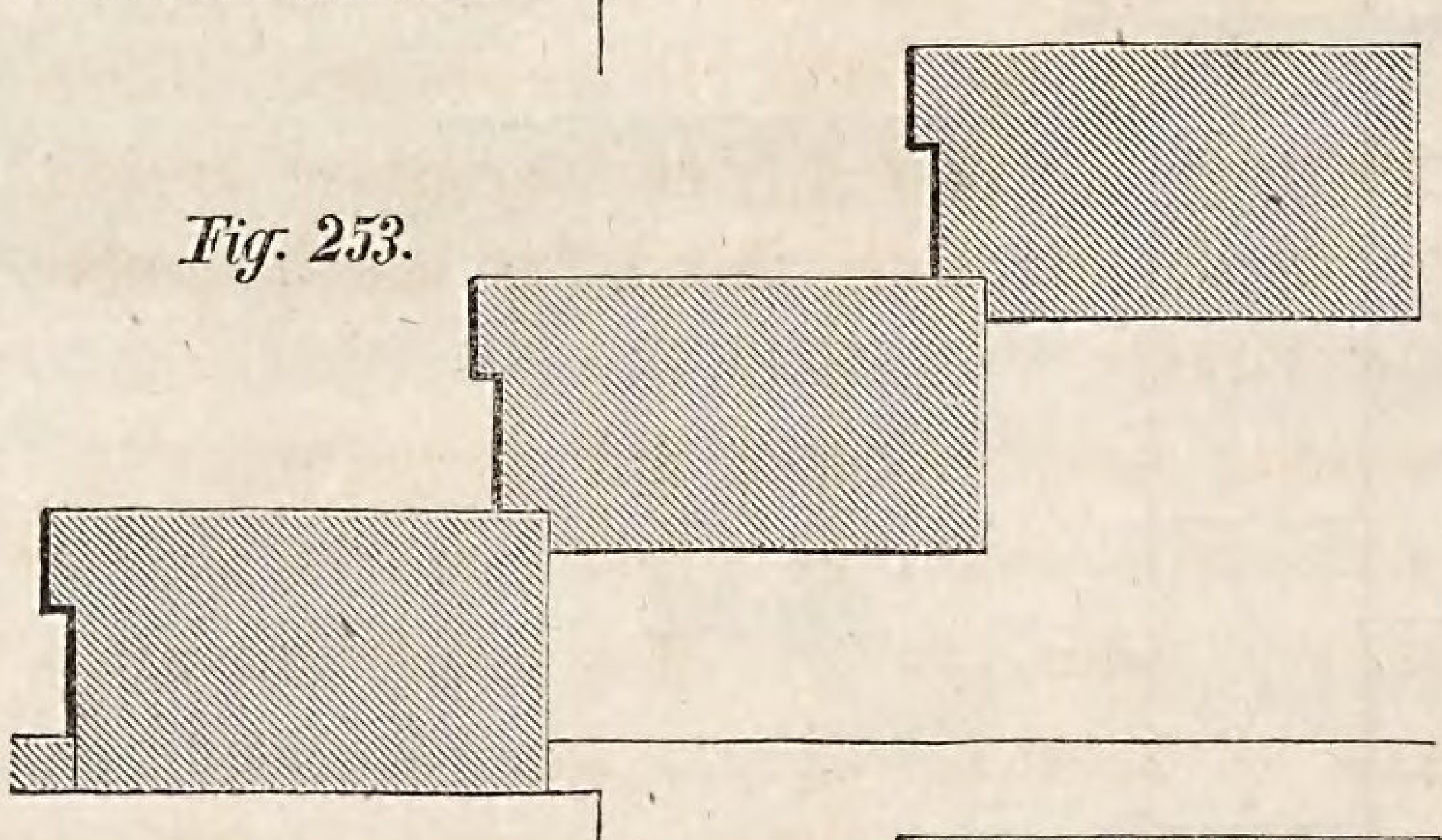
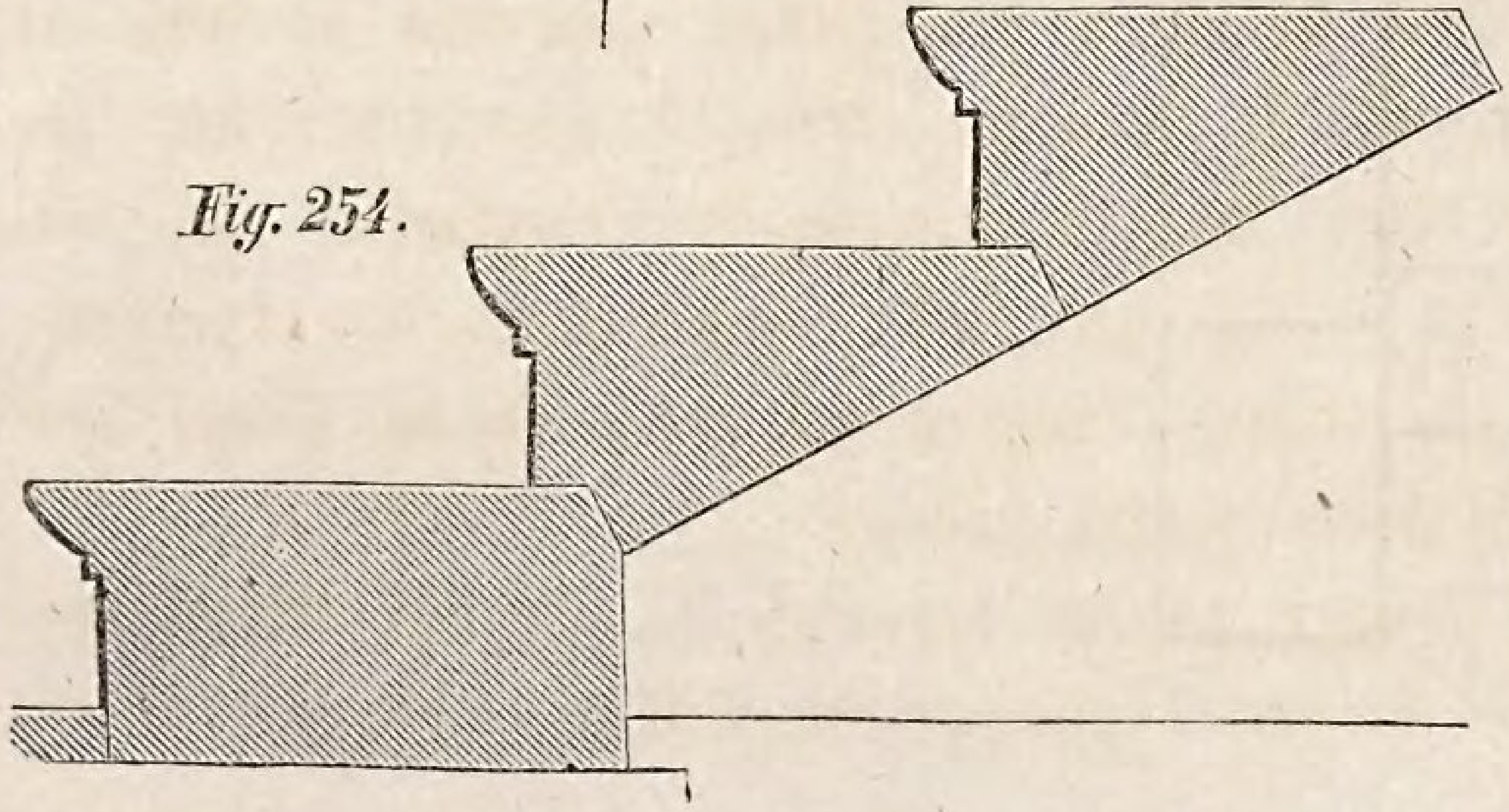


Fig. 254.



Bestehen die Stufen einer Freitreppe aus einem einzigen Stein, dessen Stirnenden in die Wangen oder Wangenmauern eingefügt (versetzt) sind; so ist ein Verschieben der einzelnen Stufen nicht möglich und es können dieselben nach Fig. 252. ganz einfach ohne Versetzung bearbeitet und so aufeinander gelegt werden, daß jede Stufe die nächst vorhergehende um

2 bis 3 Zoll überdeckt. Sind dagegen die Stufen an den Stirnenden nicht eingefügt, oder aus mehreren Steinen zusammengesetzt; so müssen dieselben außer der nöthigen Ueberdeckung zur Auflage noch eine entsprechende Versetzung erhalten, welche gegen das Verschieben sichert.

Bei Stufen, deren untere Fläche nicht sichtbar ist, findet in der Regel die in der Fig. 253 dargestellte Versetzung Anwendung, bei welcher die Stufen eine gleiche horizontale Ueberdeckung von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll erhalten. Ist die Breite des Auftritts bestimmt, ebenso die Breite der Ueberdeckung; so werden alle Stufen auf diese Breite an der Hinterkante der horizontalen Auftrittsfläche rechtwinkelig gegen dieselbe bearbeitet. Diese rechtwinkelige Bearbeitung an der Hinterkante dient nun dazu, daß die nächstfolgende der Stufen, welche man 1 bis $1\frac{1}{2}$ Zoll stärker macht als es der gegebene Auftritt vorschreibt, sich mit der rechtwinkelig auf das untere Lager eingearbeiteten Stoßfläche der parallel mit dem Auftritte und von der Unterkante der vorgezeichneten Steigung eingearbeiteten Ueberdeckung anschließe. Dem entsprechend wird die rechtwinkelige Bearbeitung an der Hinterkante des Auftritts nur auf solche Breite vorgenommen, wie es zum Anschluß der rechtwinkeligen Stoßfläche der abwärts gerichteten Verstärkung von der nachfolgenden Stufe erforderlich ist.

Die Fig. 254 stellt eine übliche Versetzung von Stufen dar, deren untere Fläche sichtbar ist. Bei dieser rechtwinkelig gegen die untere Fläche der Stufen geführten Versetzung kann die horizontale Ueberdeckung auf die geringe Breite von $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Zoll angeordnet werden, weil die geneigte Fläche der Versetzung einer Stufe der nächstfolgenden Stufe zugleich zum Auflager dient.

Die vorerwähnten üblichen Ueberdeckungen und Versetzungen der Stufen von Freitreppen verhindern nicht das Eindringen des Wassers in die horizontalen Fugen der Ueberdeckung. Bei unbedeckten Freitreppen sollte die Anordnung der Stufen nach den Fig. 255 und 256, welche eine größere Sicherheit gegen das Eindringen des Wassers in die Lagerfugen gewährt, um so weniger unterlassen werden, als zur Herstellung der Stufen keine größere Steinmasse erforderlich ist, wie bei den in den Fig. 252, 253 und 254 dargestellten Anordnungen, welche, wenngleich nur für innere Treppen geeignet, in der Regel doch auch bei den Freitreppen Anwendung finden.

Die Treppenstufen können in der vorderen Ansicht auf verschiedene Weise profilirt werden. Gestattet es der zur Anlage einer Treppe er-

forderliche Raum, dem Auftrittte eine solche Breite zu geben, daß das zum bequemen Ersteigeu der Treppe entsprechende Verhältniß durch eine rechtwinkelige Bearbeitung der vorderen Fläche, welche den Auftritt bildet, erreicht wird; so ergibt sich daraus das in Fig. 252 dargestellte einfache Normalprofil einer Steintreppe, welches ohne Veränderung des gegenseitigen Verhältnißes von Steigung und Auftritt zur Verschönerung der vorderen Ansicht der Treppe, duach Einarbeitung von Gliedern innerhalb der senkrechten Platte der Steigung, mehr oder weniger bereichert werden kann, wie wir dieß in Fig. 255 angegeben haben.

Fig. 255.

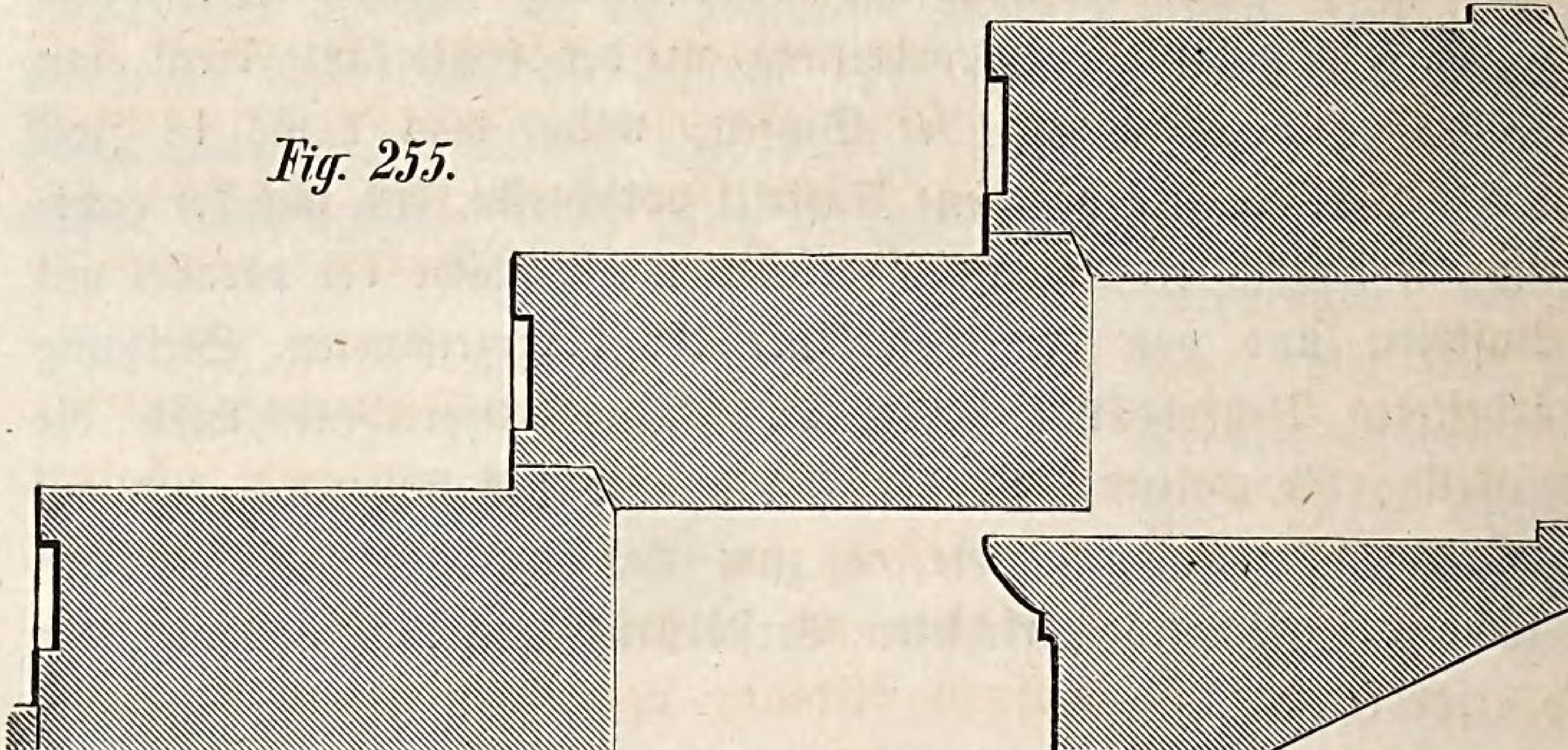
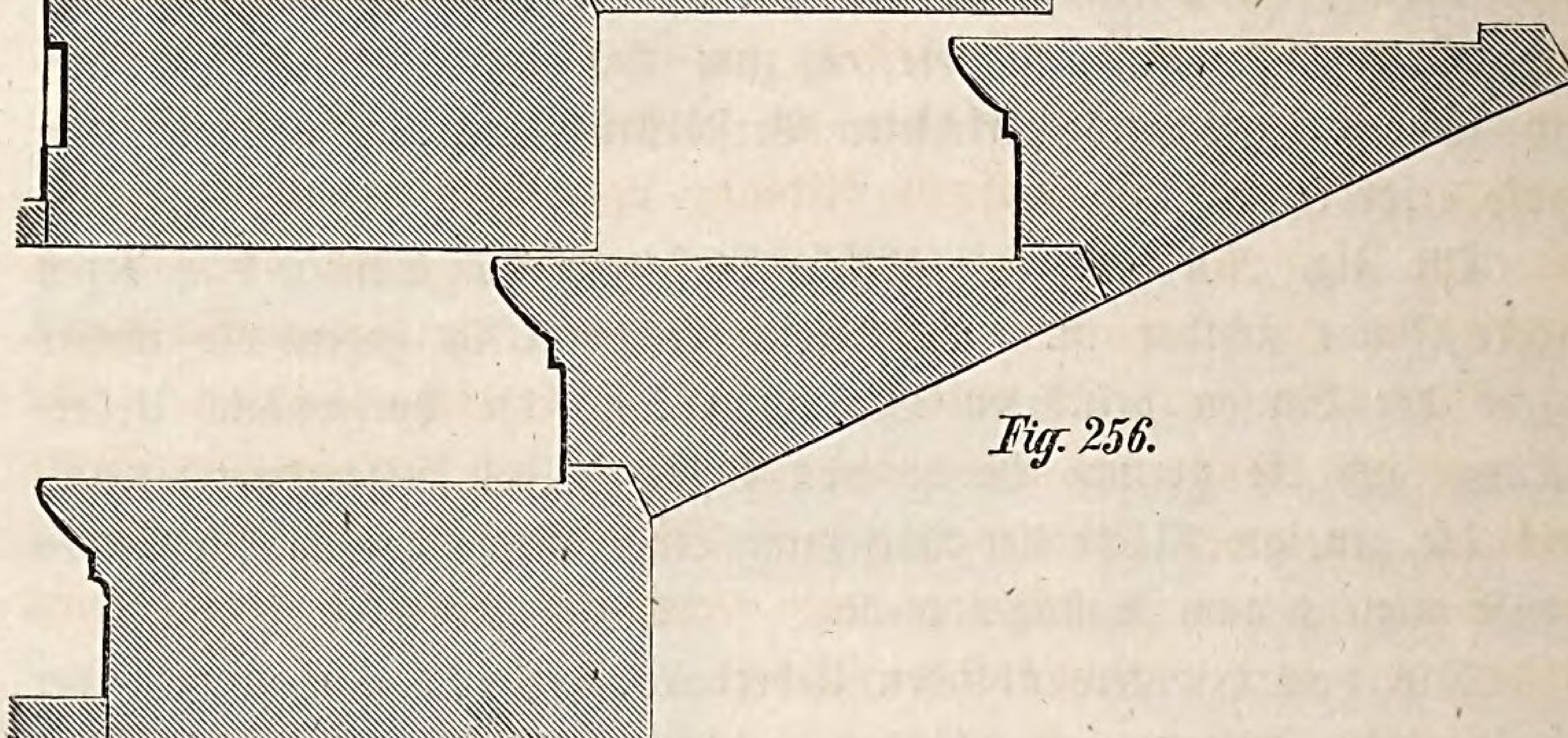


Fig. 256.



Reicht der zur Anlage einer Treppe vorhandene Raum nicht aus, bei gegebener Steigung dem Auftritte bei rechtwinkeliger Bearbeitung die dem gegenseitigen Verhältniße entsprechende Breite zu geben, so kann durch einen Vorsprung an der Oberkante die Breite des Auftrittes vergrößert werden. Je nach Erfordern werden die Stufen mit Beibehaltung der rechtwinkeligen Bearbeitung nach Fig. 256 mit einem vortretenden Bande besäumt, welches nahezu die Hälfte der Steigung zur Breite hat, oder es bildet der Vorsprung an der vorderen oberen Kante einen Viertelstab oder eine Welle mit unterhalb angebrachten Plättchen oder Leistchen nach den Fig. 254 und 256.

Die untersten Stufen der Freitreppen ruhen mit horizontalen Lagern ihrer ganzen Breite nach auf Fundamentmauern und erhalten stets eine größere Höhe als die übrigen Stufen, damit die Lagerfugen durch Platten, welche vor den Treppen angebracht werden, durch anschließende Pflasterung, oder den natürlichen Boden gedeckt werden. Werden Platten vor dem Antritt einer Treppe angebracht, wie dieß in den Fig. 253, 254, 255 und 256 angenommen ist; so erhalten die Fundamentmauern einen Vorsprung, auf welchem die anschließenden Platten ihr Auflager erhalten, und hat man in diesen Fällen die Verstärkung der ersten Stufe nach der Dicke der Platten zu richten. Befinden sich keine Platten vor den untersten Stufen; so erhält nach Fig. 252 die Fundamentmauer keinen Vorsprung, damit der anschließende Boden sich gleichmäßig und ungehindert setzen kann, und es genügt eine einzöllige Verstärkung der untersten Stufen zur Deckung von deren Lagerfugen.

Was die Bearbeitung der Stufen von geraden Freitreppen betrifft, welche nach ihrer ganzen Länge eine gleichen Breite und Höhe erhalten, und bei welchen durch rechtwinkelig auf das Lager geführte Ebenen auch überall gleiche Schnittflächen sich darstellen; so geschieht dieselbe, nachdem zuerst die den Auftritt bildende Lagerfläche als ebene Fläche, und auf diese senkrecht und zugleich rechtwinkelig gegen die auf der bearbeiteten Lagerfläche vorgezeichnete Vorderkante die beiden Stoßfugen der Stirnenden bearbeitet worden, — nach Stirnschablonen, welche das aus dem Musterriße entnommene Profil der zu bearbeitenden Stufe darstellen, zu dessen Uebertragung diese Schablonen auf die Stirnflächen der Stufen genau so aufgelegt und vermittelst Blutstein vorgezeichnet werden, wie es der Musterriß vorschreibt.

Nehmen wir an, es sei das Rechteck abcd Fig. 257 die Stirnfläche des Steines, aus welchem die Stufe nach der Stirnschablone, welche wir als bereits vorgezeichnet schraffirt angegeben haben, bearbeitet werden soll, so hat es keine Schwierigkeit, die ebenen Flächen der Stufe, welche zugleich senkrecht auf den Stirnflächen stehen, mit Benutzung von Winkel und Richtscheit nach der Vorzeichnung zu bearbeiten. Anders verhält es sich mit der Bearbeitung der Gesimsglieder an der vorderen Oberkante, welche aus geraden und krummen Linien zusammengesetzt sind. Bevor diese Glieder nach der Vorzeichnung der beiden Stirnschablonen genau bearbeitet werden, bedient sich der Steinmetz der Ausvierung derselben in der Weise, daß er vorerst den Stein

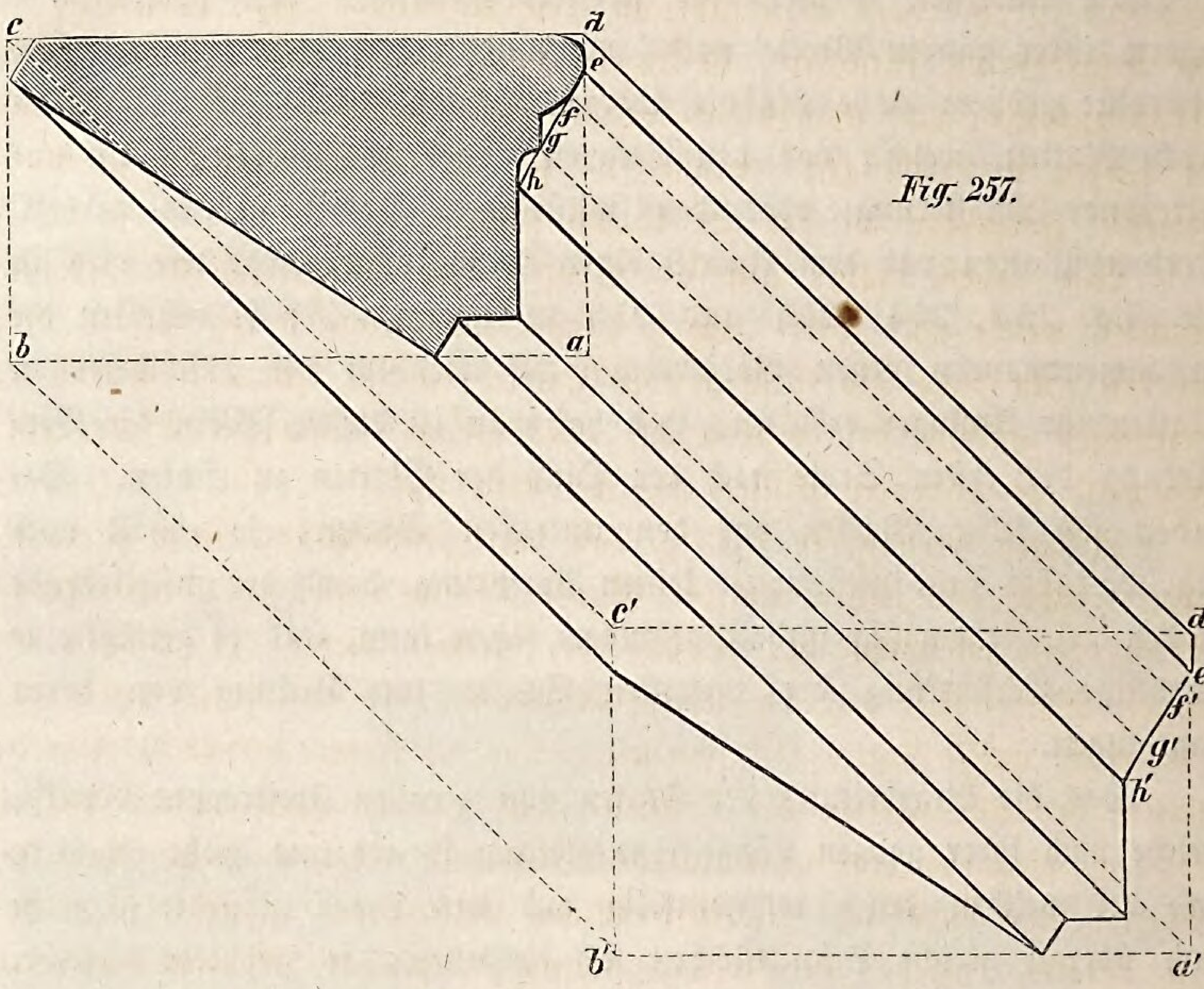


Fig. 257.

in der Richtung der Gesimsglieder nach ebenen Flächen bearbeitet, welche an den Stirnseiten durch gerade Linien so vorgezeichnet werden, daß diese Linien die vorgezeichneten Gesimsprofile an einem Punkte oder an mehreren Punkten schneiden. Wie wir in unserem Beispiele Fig. 257 angegeben haben, wo die senkrecht auf das obere Lager über d geführte Ebene den Viertelstab in dem Punkte e und die an diese geführte geneigte Ebene den Viertelstab in f, die Vorderkante des Leistchens in g und die senkrechte Platte der Steigung in h schneidet. Sind diese Vierungsflächen rechtwinkelig auf die Stirnseiten bearbeitet, so werden an diesen die zusammengehörigen Schnittpunkte ee', ff', gg' hh' durch geräde Linien, welche nach dem Richtscheite vorgerissen werden, verbunden, und es dienen diese vorgezeichneten Linien als Richtungslinien bei der nunmehr erfolgenden Ausarbeitung der Glieder nach den vorgezeichneten Stirnschablonen.

Sind die Gesimsglieder einfach und es haben die zu bearbeitenden Steine keine bedeutende Länge, so genügt in der Regel die Vorzeichnung nach den Stirnschablonen zur Bearbeitung der Glieder nach Winkel und Richtscheit; bei zusammengesetzteren Gliedern aber und zumal bei bedeutender Länge der Steine, wo bei dem geübtesten Auge

und der geschicktesten Handführung des Arbeiters Ungenauigkeiten in der Bearbeitung entstehen, ist es durchaus erforderlich, Hohlschablonen herauszutragen und nach diesen von den Vierungsflächen aus das Profil in kurzen Entfernungen einzubeizen, so daß der Arbeiter die zu bearbeitende Form der Glieder vor Augen hat.

Wir haben bisher nur die Stufen von geraden Freitreppen betrachtet, welche nach ihrer ganzen Länge eine gleiche Breite haben, und werden nun noch die Stufen von Freitreppen mit krummen Armen zu betrachten haben, bei welchen die, der Grundrißform der Treppe entsprechend gewundenen Stufen ungleich breit sind.

Nehmen wir an, es sei Fig. 258 der Grundriß von einem Treppenarm, welcher nach einem aus dem Punkte G als Mittelpunkt beschriebenen Kreisbogen gekrümmt ist, so daß bei gleicher Länge der Stufen die innere Wange AB und die innere Wange CD im Grnndriße durch concentrische Kreise begrenzt erscheinen. Da bei dieser Treppe die Projectionen der Vorderseiten der Stufen nicht parallel angenommen werden können, vielmehr eine convergirende Richtung erhalten, welche von den Theilpunkten durch den gemeinschaftlichen Mittelpunkt G geht, so erklärt sich daraus, daß das für die Treppenanlage ermittelte Verhältniß zwischen Steigung und Auftritt bei dieser Treppe, wie bei allen gewundenen Treppen überhaupt, nur nach einer Richtung dasselbe sein kann. Es wird allgemein angenommen, daß die bequemste Ersteigung gewundener Treppen in der Mitte der Treppenarme stattfinden soll. Dem entsprechend erhalten wir die Projectionen der Vorderseiten der Stufen im Grundriße Fig. 258, wenn wir aus dem Mittelpunkte G den punktirt eingezeichneten Kreisbogen beschreiben, welcher den Treppenarm in seiner Breite halbirt, au diesen Kreisbogen die ermittelte Breite der Stufen antragen und von den Theilungspunkten innerhalb der Wangen gerade Linien nach dem Mittelpunkte G ziehen. Die für alle Stufen gleiche Breite der horizontalen Ueberdeckung wird nun von den Theilungspunkten für die Vorderseiten der Stufen rückwärts angetragen und durch parallel mit den entsprechenden Vorderseiten gezogene gerade Linien im Grundriße verzeichnet. Das in den meisten Lehrbüchern angeführte Verfahren, die horizontale Ueberdeckung der Stufen nicht parallel mit den Vorderseiten derselben, sondern von den Theilungspunkten an der Halbirunglinie des Treppenarmes ebenfalls centrisch nach dem Mittelpunkte der Treppenwindung zu ziehen, müssen wir als ungerechtfertigt, ja geradezu als fehlerhaft bezeichnen, indem die zur Her-

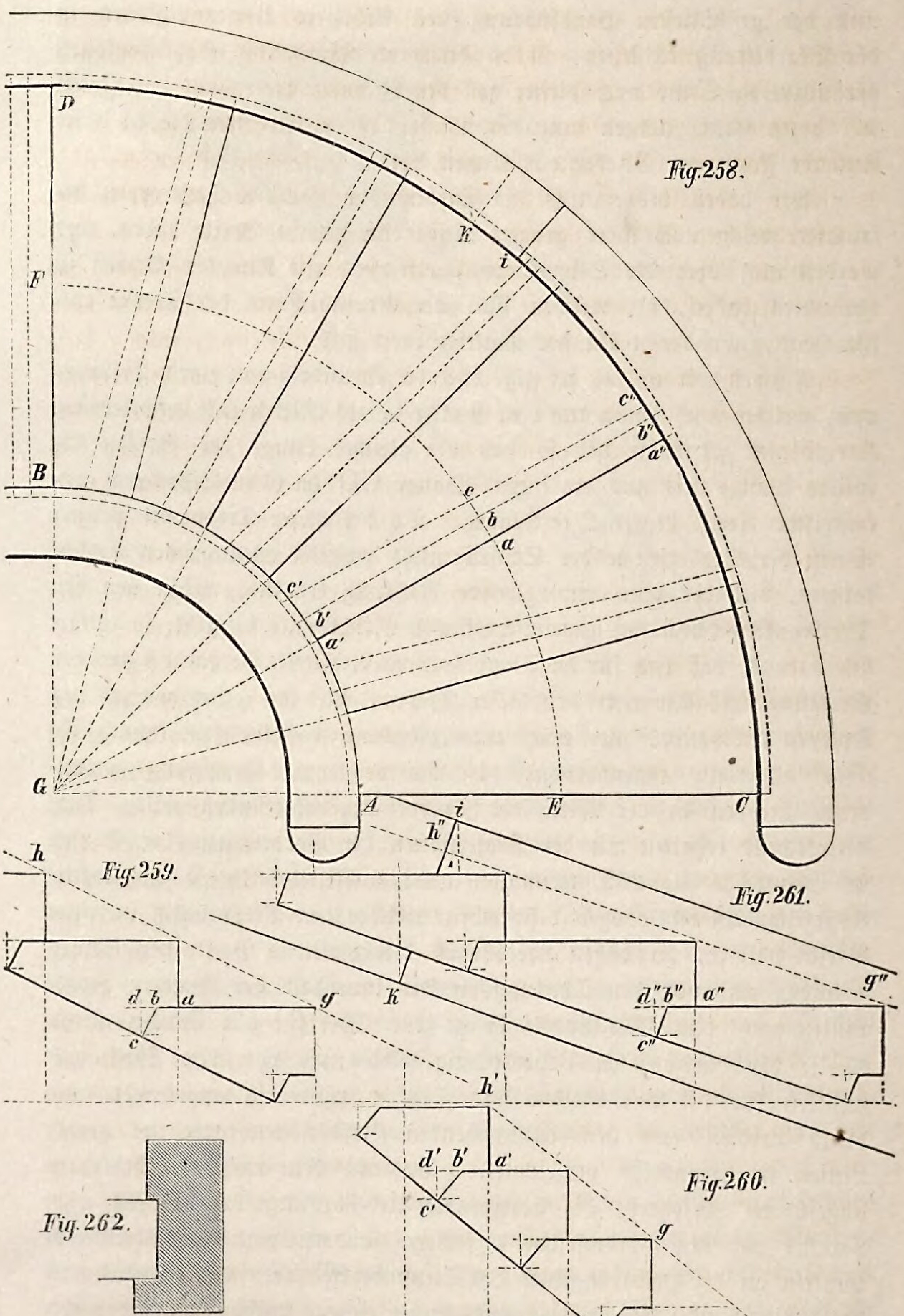


Fig. 258. Fig. 259. Fig. 260. Fig. 261. Fig. 262.

stellung der Stufen erforderlichen Steine eine größere Breite erhalten müssen, ohne durch diese größere Breite an Tragfähigkeit zu gewinnen. Erhalten die Treppen Wangen, so entsteht durch die centrische Führung der horizontalen Ueberdeckung der Stufen der weitere Nachtheil, daß die äußeren Wangen CD Fig. 258 nach ihrem senkrechten Durchschnitt in demselben Verhältniß an Höhe zunehmen müssen, als die Breite der aufzunehmenden Stufen zunimmt Wir nehmen als Regel an, daß die horizontale Ueberdeckung der Stufen auf die ganze Länge derselben eine gleiche Breite erhält, bestehe die Treppe aus geraden oder krummen Armen. In Bezug auf die gegen das Verschieben der Stufen angebrachte Versetzung ist die Annahme einer gleichen Breite der von der Hinterkante der horizontalen Ueberdeckung normal gegen die bearbeitete untere Fläche der Stufen zu führenden Stoßfläche bei gewundenen Treppen um deßwillen nicht anwendbar, weil die Schnittfugen dieser Stoßflächen zugleich horizontal sein sollen. Die Stoßflächen der Versetzung, welche an allen Punkten gegen die untere Schraubenfläche der Stufen normal geführt werden, sind bei gewundenen Treppen windschiefe Flächen von ungleicher Breite. Die Schnittlinien dieser windschiefen Flächen an der unteren Schraubenfläche der Stufen werden nach folgendem Verfahren herausgetragen, zu dessen Erläuterung die Fig. 259, 260 und 261 dienen. Wie die dem ermittelten Verhältniß von Steigung und Auftritt entsprechende Breite der Stufen, ebenso die Breite der Ueberdeckung an dem Kreisbogen EF Fig. 258 angetragen wurde, welcher die Stufen ihrer Länge nach halbirt, ebenso gehen wir bei der Bestimmmung des senkrechten Durchschnitts der Stufen von dem Durchschnitte einer senkrechten Cylinderfläche aus, welche die Stufen nach dem Kreisbogen EF, welcher als die Horizontalprojection dieser Cylinderfläche betrachtet wird, in ihrer Mitte schneidet. Denken wir uns die Schnittpunkte der über den Kreisbogen EF geführten senkrechten Cylinderfläche an den Oberkanten der gleich breiten und ebenso gleich hohen Stufen durch eine stetige krumme Linie verbunden, so wird diese krumme Linie eine Schraubenlinie sein, welche an der aufgewickelten Cylinderfläche nach Fig. 259, welche den vollendeten Durchschnitt einiger Stufen nach der aufgewickelten Cylinderfläche, deren Horizontalprojetion der Kreisbogen EF in Fig. 258 ist, darstellt, sich als eine gerade Linie darstellen, welche wir in Fig. 259 punktirt eingezeichnet haben, und es wird die Durchschnittslinie derselben Cylinderfläche an der unteren Fläche der Stufen in dieser Aufwickelung ebenfalls eine gerade und zwar eine mit der über die Vorderkanten der Stufen

gezogenen gh parallele Linie sein. Haben wir nach Fig. 259 den Durchschnitt der Stufen nach dem vorher für den Kreisbogen EF bestimmten Verhältniße von Auftritt und Steigung angetragen und ebenso für jede Stufe die gleiche Breite ab der horizontalen Ueberdeckung, von den Hinterkanten b der horizontalen Ueberdeckung die Stoßfugen der Verdeckung senkrecht gegen die über die Vorderkanten der Stufen gezogene gerade Linie gh geführt und die gleiche Breite bc angetragen; so wird durch eine über G mit gh parallel gezogene gerade Linie der Musterriß der Stufen in Bezug auf den normalen mittleren Durchschnitt nach dem Kreisbogen EF Fig. 258 vollendet.

Die Stirnenden der Stufen an der cylindrischen Fläche der inneren Wange Fig. 260, so wie die Stirnenden an der cylindrischen Fläche der äußeren Wange Fig. 261 werden nun ebenfalls nach den aus dem Grundriße Fig. 258 zu entnehmenden Breiten der entsprechenden aufgewickelten Cylinderflächen und mit Beibehaltung der gleichen Höhe der Stufen und der gleichen Breite der horizontalen Ueberdeckung herausgetragen. Die Stoßfugen der Versetzung b′c′ Fig. 260 und b″c″ Fig. 261 werden senkrecht gegen die über die entsprechenden Vorderkanten der Stufen gezogenen geraden Linien gezogen, und es erhalten die Stoßflächen eine sowohl unter sich als gegen die Stoßfläche im mittleren Durchschnitt Fig. 259 verschiedene Breite, welche dadurch bestimmt wird, daß man aus dem mittleren Durschnitt Fig. 259 die senkrechte Entfernung dc des Schnittpunktes c der Stoßfuge an der unteren Fläche der Stufen von der Auftrittsfläche entnimmt, an die Profile der beiden Stirnenden anträgt und in dieser Entfernung horizontale Linien zieht. Die Schnittpunkte c′ und c″ dieser Horizontalen mit den vorgezeichneten Stoßfugen b′c′ Fig. 260 und b″c″ Fig. 261 bezeichnen die entsprechenden Kanten dieser Fugen, über welche die mit g′h′ und g″h″ parallelen Linien gezogen werden, nach denen die Stirnenden der Stufen an der unteren Fläche zu bearbeiten sind. Die über die drei Schnittpunkte c, c′ und c″ geführte Schnittlinie der Stoßfuge mit der unteren Schraubenfläche der Stufen kann keine gerade Linie sein, ihre Krümmung ist aber so unbedeutend, daß in der Regel diese drei genannten Punkte ausreichend sind, um vermittelst eines darüber geführten Curvenlineals dieselbe vorzuzeichnen. Die Wangen, in welche die Stirnenden der Stufen eingelassen werden, müssen eine entsprechende Stärke erhalten. Ihre Breite hängt von der Festigkeit der Steine ab, kann aber füglich bei Freitreppen nicht unter 8 bis 10 Zoll betragen, und

ihre Höhe, im rechten Winkel gegen die Oberkante gemessen, beträgt das $2\frac{1}{2}$ bis Dreifache der Höhe von den eingesetzten Stufen. Wir haben in der Fig. 261, welche das Profil der Stufen bei ihrem Anschluß an die äußere Wange darstellt, die zugehörige Wange in ihrer Aufwickelung eingezeichnet, woraus die übliche Anordnung ersichtlich ist, die Stufen genau in die Mitte der Wangen einzulassen, so daß die obere Fläche derselben von den Vorderkanten der Stufen ebensoweit absteht, wie die untere Fläche von den Hinterkanten der Stufen. Man vermehrt die Tragfähigkeit der Wangen und giebt den Stufen ein größeres Auflager dadurch, daß man den Wangen unterhalb der Auflage der Stufen nach Fig. 262, welche den rechtwinkeligen Durchschnitt der äußeren Wangen nach der in Fig. 261 eingezeichneten Stoßfuge ik darstellt, eine größere Breite gibt.

Je länger die von den Wangen zu unterstützenden Stufen sind, um so breiter wird der vorerwähnte Vorsprung angenommen, welcher das Auflager der Stufen vergrößert, ohne die benützbare obere Breite der Treppe zu vermindern. Krumme Wangen können selten aus einem Steine gearbeitet werden. Bestehen dieselben aus mehreren Stücken, deren Größe von dem dazu vorhandenen Materiale abhängig ist, so dient es zu großer Erleichterung bei deren Bearbeitung, wenn man allen Stücken eine gleiche Größe gibt, weil in diesem Falle die für ein Stück herausgetragenen Schablonen auch für die übrigen Stücke anwendbar sind. Bei der Bestimmung der Stoßfugenfläche der aneinanderstoßenden Stücke nimmt man am zweckmäßigsten an, daß die Stoßfugenfläche eine Ebene sei, normal gegen die Schraubenlinie geführt, welche der Mittelpunkt des Querschnitts der Wange beschreibt; indem durch diese als Ebene leicht zu bearbeitende Schnittfläche die allzu spitzen Winkel an den Kanten vermieden werden.

Zum Einzeichnen dieser Stoßfugen in die Horizontalprojection (den Grundriß oder Grundschlag) der Wangen, und zum Auftragen der Schablonen, welche zur Anfertigung der Wangenstücke aus dem möglichst kleinen Steine erforderlich sind, dient das folgende Verfahren. Man trägt Fig. 263 im Grundriße die Wange von unbestimmter Länge auf, zieht eine mit der Grundlinie GH der Vertikalprojection parallele Sehne AB und entwirft einen Theil der Wange in der Vertikalprojection Fig. 264. Da die Sehne AB parallel mit der Grundlinie GH angenommen ist; so liegen die Punkte lm und l'm', in welchen die inneren und äußeren Kanten sich schneideu, in der die Sehne AB halbirenden Senk-

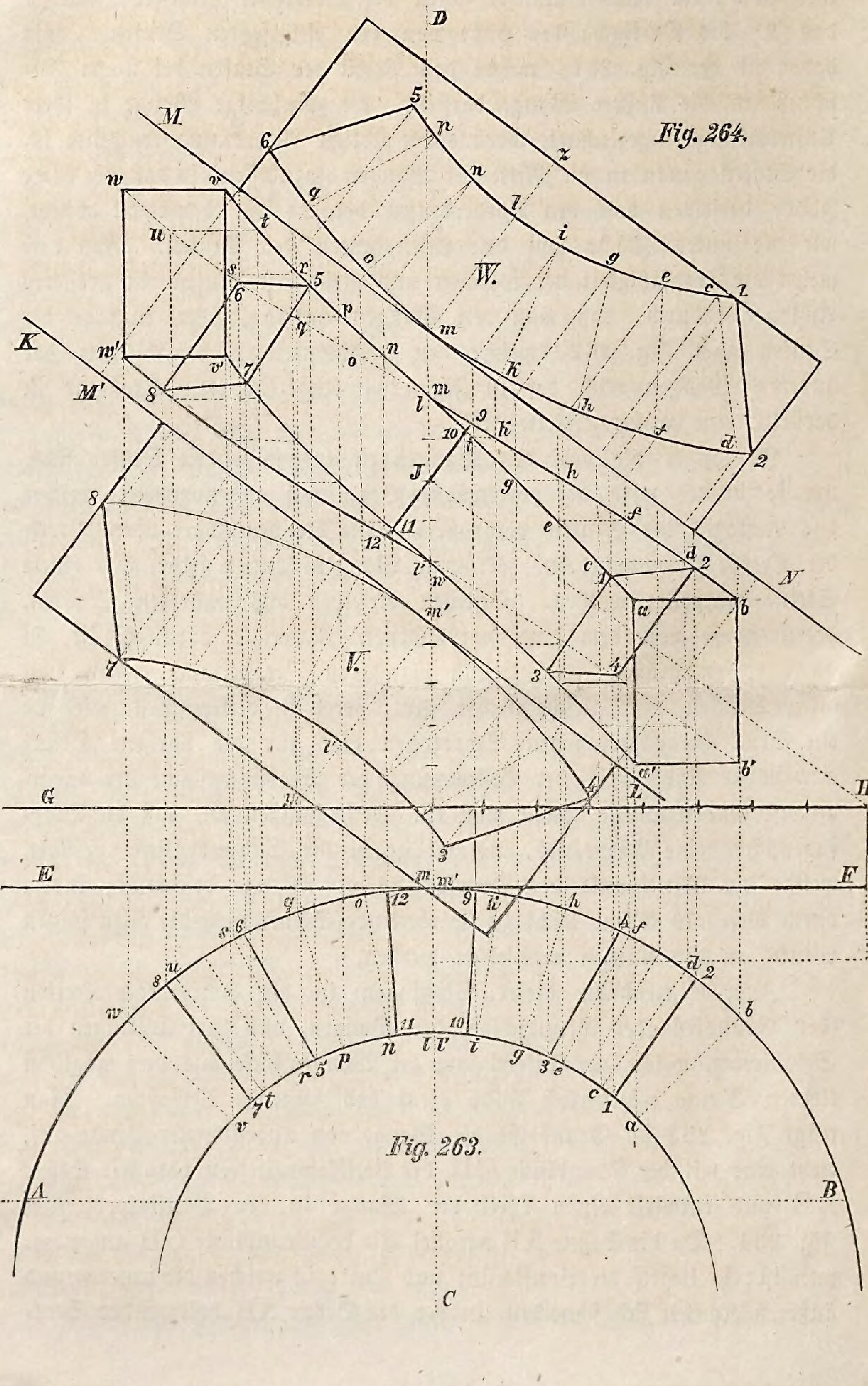


Fig. 264.

Fig. 263.

rechten CD. Trägt man nun von dem Halbirungspunkt J des senkrechten Durchschnitts der Wange die Vertikalprojection einer Tangente an die mittlere Schraubenlinie, und denkt man sich in dem Punkte J die Stoßfugenebene die Wangen schneidend; so wird der Schnitt eine durch den Punkt J gehende und senkrecht auf der Tangente HJ stehende gerade Linie sein. Indem wir die mit 9, 10 und 11, 12 bezeichneten Schnittpunkte dieser Ebene an den Kanten durch Senkrechte in die Horizontalprojection tragen, erhalten wir die Horizontalprojection des Schnittes an dieser Stelle. Nun sind aber die Horizontalprojectionen aller normal gegen die mittlere Schraubenlinie der Wangen geführten Schnitte genau dieselben, und wir können, ist einmal die Länge eines Wangenstückes bestimmt, die in Fig. 263 gefundene Horizontalprojection überall da antragen, wo sie der Länge des Wangenstückes entsprechend hingehört, wie dieß in Fig. 263 in 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 angegeben ist.

Werden die im Grundriß Fig. 163 angetragenen Stoßfugen 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8 des Wangenstückes von einer bestimmten Länge, durch Senkrechte gegen die Grundlinie GH an die entsprechenden Kanten der Vertikalprojection des Wangenstücks von unbestimmter Länge Fig. 264 aufwärts angetragen und gezeichnet, so ist die Vertikalprojection dieses Wangenstückes vollendet.

Nimmt man an, es werde die Vertikalsprojectionsebene durch zwei auf ihr senkrecht stehende und mit der Neigungslinie der Treppe an der Wangenseite parallele Ebenen geschnitten, deren Schnittlinien mit der Projectionsebene die Linien KL und MN Fig. 264 sind; so stellen die Projectionen des Wangenstücks auf diesen Ebenen, welche mit Hülfe der Horizontalprojection desselben Fig, 263 leicht herauszutragen sind, indem wir uns diese Ebenen in die Vertikalprojectionsebene niederklappen, die Schablonen dar, nach welchen sowohl die obere als auch die untere Fläche des Wangenstücks vorgezeichnet werden kann. Mit Hülfe der unter sich gleichen Schablonen V und W kann nun das Wangenstück aus einem parallelepipedischen Steine gearbeitet werden, dessen Länge, Höhe und Breite aus der Vertikalprojection des Wangenstücks und den fraglichen Schablonen entnommen werden kann. Die Länge des Steins erhalten wir, wenn wir von dem Punkte b der Schablone W Fig. 264 eine Senkrechte gegen die Linie KL führen, bis sie diese in M′ schneidet. Die Linie LM′ ist die gesuchte Länge des Steines.

Ist der parallelepipedische Stein Fig. 265 nach den gegebenen Dimensionen bearbeitet, so sind nun die Schablonen richtig auf dessen obere und untere Fläche zu legen, um nach diesen vorzeichnen zu können. Beim Anlegen der Schablonen bedient man sich der Schmiege, indem man dieselbe nach dem Winkel L, welchen die Tangente gegen die Senkrechte CD Fig. 264 einschließt, stellt, diesen Winkel von dem Punkte z Fig. 255, wo die verlängerte Senkrechte lm die Kante schneidet, an die senkrechte Fläche überträgt und von dem Punkte z mit dem Winkel eine Senkrechte auf die obere Fläche vorzeichnet. Legt man nun die

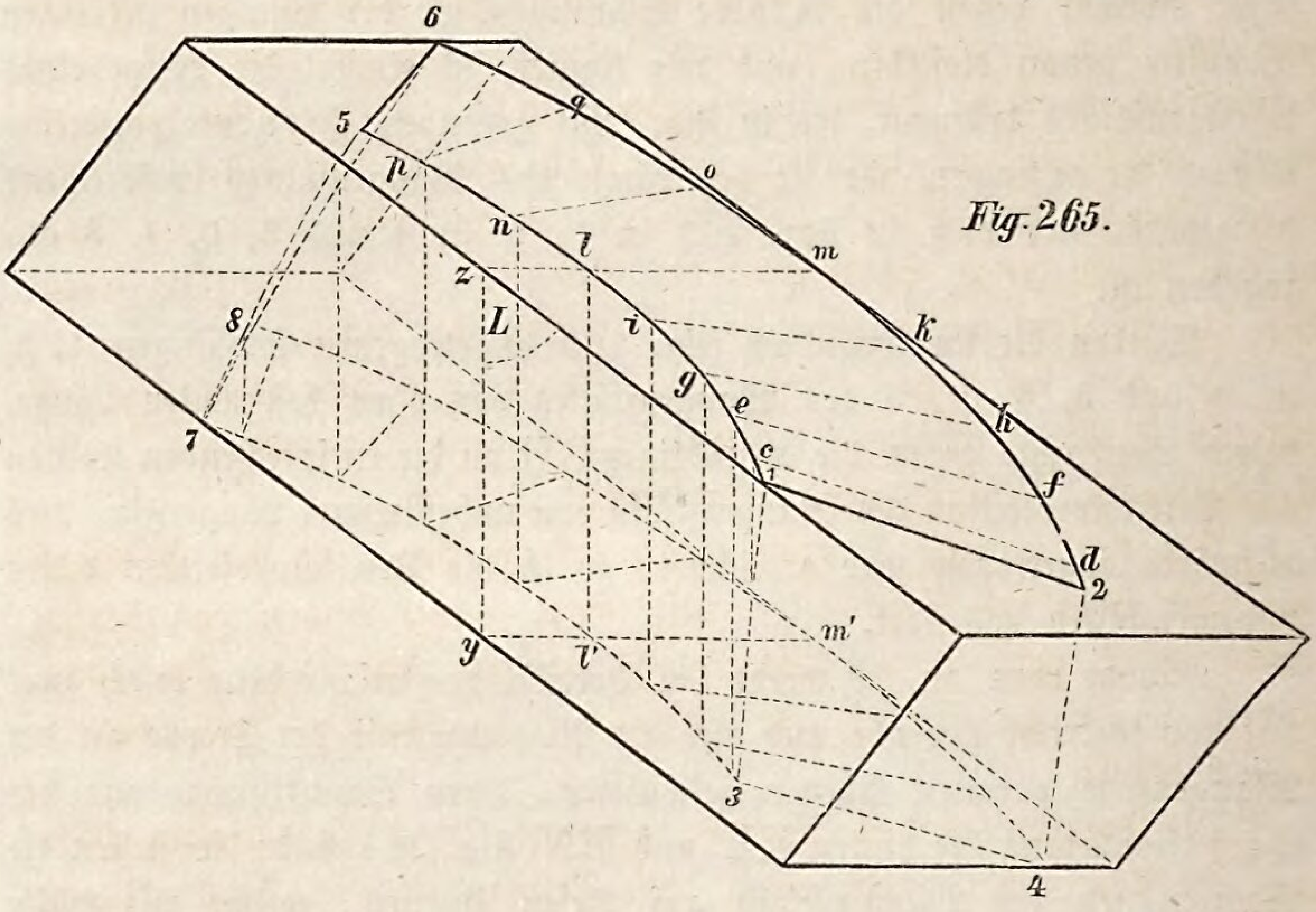


Fig. 265.

Schablone W so auf die obere Fläche, daß sich die Linien lmz decken und die Punkte l,m und 6 zugleich die entsprechenden Kanten schneiden; so liegt dieselbe behufs der Vorzeichnung richtig. Die auf die vordere Fläche gezogene Senkrechte mm′ dient nun dazu, die untere Schablone V richtig anzulegen, indem man von dem Schnittpunkte m, an der Unterkante des Steins auf die untere Fläche desselben eine Senkrechte zieht und die Schablone wieder so auflegt, daß sich die Linien l′m′y′ decken und die Punkte 4, m′ und 7 die entsprechenden Kanten schneiden.

Nach den auf der oberen und unteren Fläche vorgezeichneten Schablonen wird nun ein Cylinderstück bearbeitet, dessen erzeugende Linien parallel sind mit den auf der vorderen Fläche mit der Schmiege vorge-

zeichneten Senkrechten; und nach dessen Bearbeitung wird das Wangenstück durch das Bearbeiten der ebenen Stoßfugen 1, 2, 3, 4 und 5, 6, 7, 8, in so weit vollendet, daß nur noch die aufzunehmenden Stufenenden einzuarbeiten sind. Aus der Betrachtung der Fig. 265 wird das vorbeschriebene Verfahren bezüglich des Heraustragens der Schablonen für cylindrische Wangen und deren richtiges Auflegen deutlich genug hervorgehen, um davon Anwendung machen zu können.

Innere Treppen.

Diese im Innern von Gebäuden angelegten Treppen unterscheiden sich von den Freitreppen wesentlich dadurch, daß sie innerhalb eines besonderen Raumes, dessen Umfangsmauern die Treppenarme an einer Seite abschließen, sich befinden, und daß in den meisten Fällen in demselben Raume, welcher das Treppenhaus genannt wird mehrere Treppen zu den verschiedenen Stockwerken des Gebäudes so übereinander liegen, daß die Horizontalprojectionen dieser Treppen sich decken.

Je nach der Lage, Größe, Ausbildung und dem Gebrauche der inneren Treppen erhalten dieselben verschiedene Benennungen, als: Prachttreppen, Nebentreppen, Kellertreppen u. s. w.

Bei den inneren Treppen werden in der Regel, da das Besteigen einer der Höhe des Stockwerkes entsprechend großen Anzahl von Stufen ermüdend ist, zwischen dem Antritte und Austritte Ruheplätze, sogenannte Podeste angebracht, so daß jede Treppe für ein Stockwerk aus mehreren Armen besteht.

Die Treppen werden einarmig genannt, wenn zu derselden Höhe nur ein Arm führt, auch wenn diese Treppen für ein Stockwerk aus mehreren Armen bestehen. Mehrarmige Treppen sind solche, bei denen mehrere Treppenarme zu derselben Höhe führen.

Nach der Form und Richtung der Treppenarme, welche bei inneren Treppen zumeist bedingt wird durch den zur Anlage derselben vorhandenen Raum, unterscheidet man gerade aufgehende, gerade gebrochene und gewundene Treppen. Eine Treppe ist gerade aufgehend, wenn die Arme derselben in einer geraden Richtung liegen, so daß die Begrenzungslinien derselben in der Horizontalprojection ununterbrochen gerade und parallele Linien sind.

Besteht eine Treppe aus geraden Armen, die Richtung der einzelnen Arme aber, von denen jeder einzelne nur für sich seiner Breite nach durch gerade und parallele Linien begrenzt wird, ist eine verschiedene,

so daß sie entweder sich an den Umfangswänden des Treppenhauses hinziehen, oder vom Podeste nach entgegengesetzter Richtung führen, so wird sie gerade gebrochene Treppe genannt. Haben die Treppen krumme Arme, oder es werden bei geraden Armen die Stufen so angeordnet, daß sie an dem einen Ende eine geringere Breite erhalten, als am anderen, wodurch die Richtungslinie für das Begehen verändert wird; so werden die Treppen gewundene Treppen genannt.

Beträgt die Windung einen Viertelkreis, so wird die Treppe eine viertelsgewundene genannt. Halbgewundene oder dreiviertelsgewundene Treppen sind solche, bei denen die Windung aus einem Halbkreis oder aus einem Dreiviertelskreis besteht. Bildet die Begrenzung der Treppe im Grundriß eine geschlossene krumme Linie und es findet eine Windung im Kreis oder einer anderen geschlossenen krummen Linie statt; so erhält sie den Namen Wendeltreppe. Erhalten die Wendeltreppen innere Wangen, die einen hohlen Raum — das Treppenlicht — von geringem Durchmesser umschließen, so werden sie Wendeltreppen mit hohler Spindel genannt; befindet sich aber im Innern kein hohler Raum, so daß an die Stelle der inneren Wangen ein voller Pfosten tritt, welcher Spindel oder Mönch heißt, in welchem die Stufen mit ihrem schmalen Ende ein Auflager finden, oder welcher an das schmale Ende jeder einzelnen Stufe angearbeitet und so durch die Stufen selbst gebildet wird; so nennt man die Treppe eine Wendeltreppe mit voller Spindel oder mit vollem Mönch.

Abgesehen von der Form unterscheidet man die Treppen als unterstützte und als freitragende Treppen.

Unterstützte Treppen sind solche, bei denen die beiden Enden der Stufen, oder die Stufen in ganzer Länge, oder deren Wangen, durch volle Mauern, Pfeiler, Bogen oder Gewölbe unterstützt sind.

Freitragende Treppen werden diejenigen Treppen genannt, bei welchen die Stufen nur an einem Ende unterstützt oder befestigt sind, am anderen Ende aber sich frei tragen. Nur die unterste Stufe ruht ihrer ganzen Länge und Breite nach auf dem Fundamente, die anderen Stufen werden von den nächstvorhergehenden nur auf die Breite der horizontalen Ueberdeckung und die Stoßfläche der Versetzung unterstützt.

Die durch volle Mauern, Pfeiler, Bogen oder Gewölbe unterstützten inneren Treppen sind von den ähnlich unterstützten Freitreppen in nichts unterschieden, so daß es überflüssig erscheint, derselben hier besonders zu gedenken.

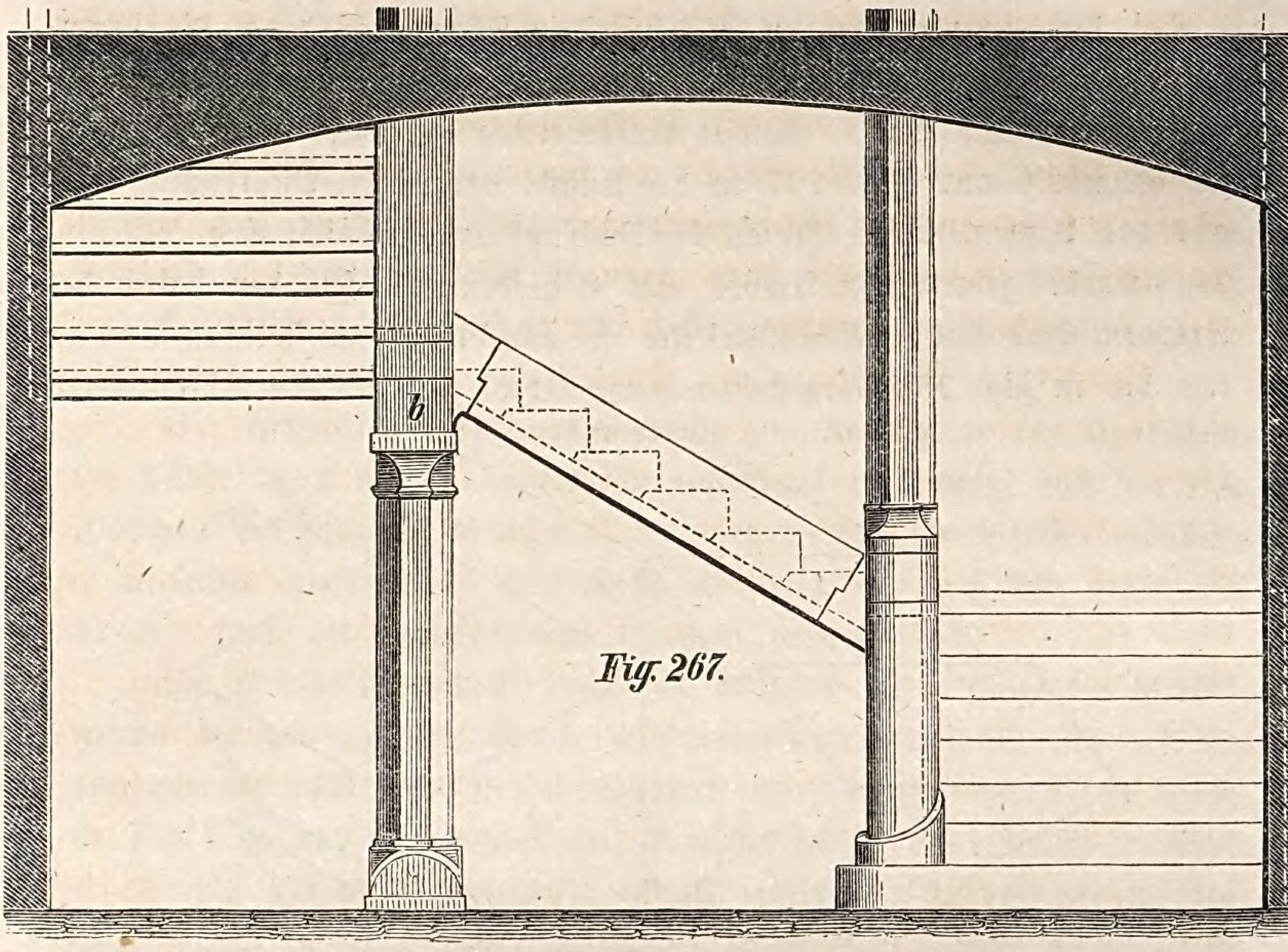


Fig. 267.

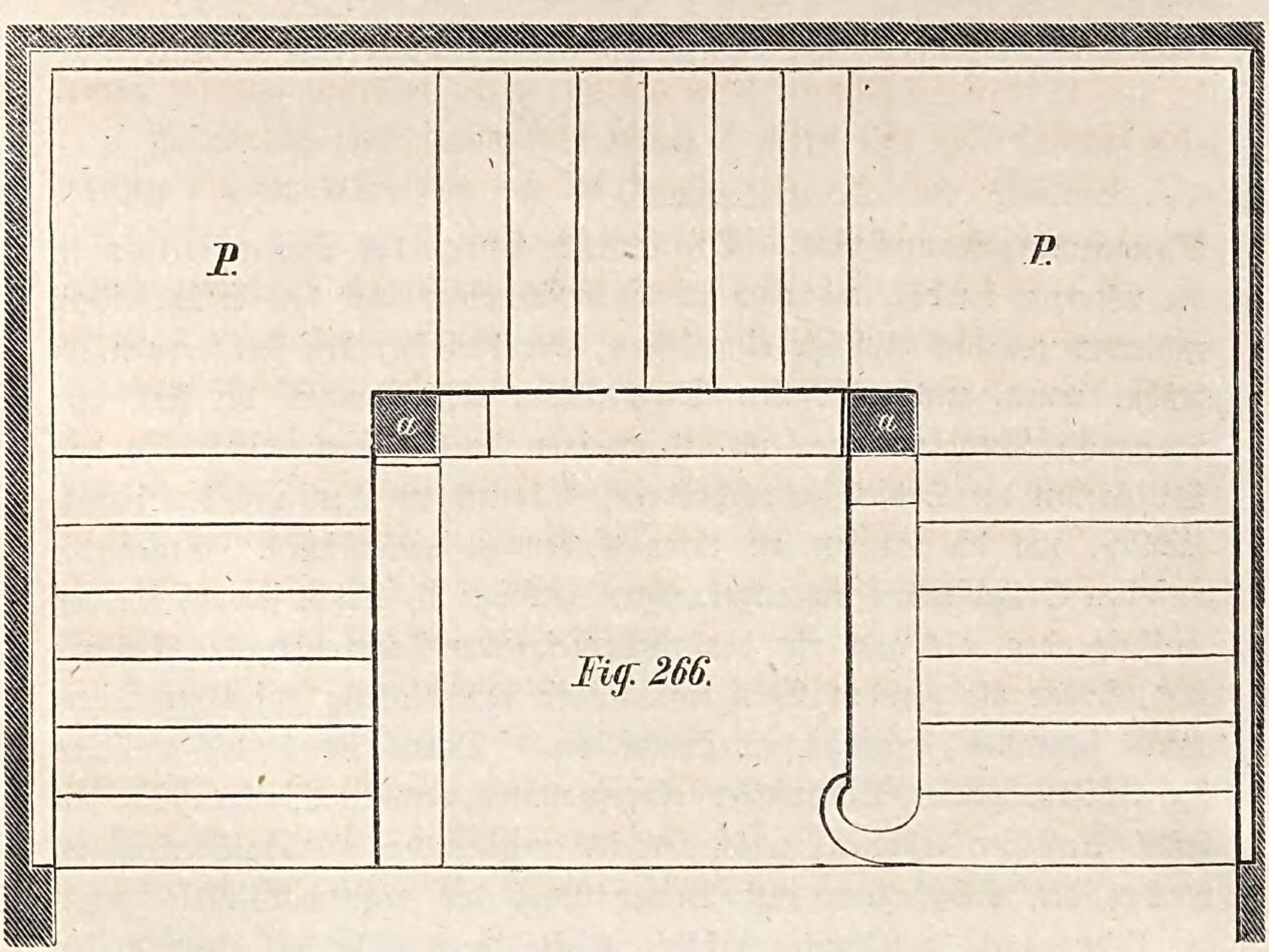


Fig. 266.

Bei den inneren Treppen ist darauf zu sehen, daß durch die Unterstützung der inneren Enden der Stufen der Treppenraum nicht dunkel und unfreundlich wird. Dieser Anforderung entspricht die in Fig. 266 im Grundriß und Fig. 267 in der Ansicht dargestellte Anordnung einer aus drei Armen, welche sich an die Umfangsmauern anschließen, bestehenden gerade gebrochenen Treppe mit 2 Podesten. In den Ecken des Treppenlichtes sind zwei Stützpfeiler aa angebracht, auf welchen Aufsätze von der in Fig. 268 dargestellten Form ruhen, zwischen denen die inneren

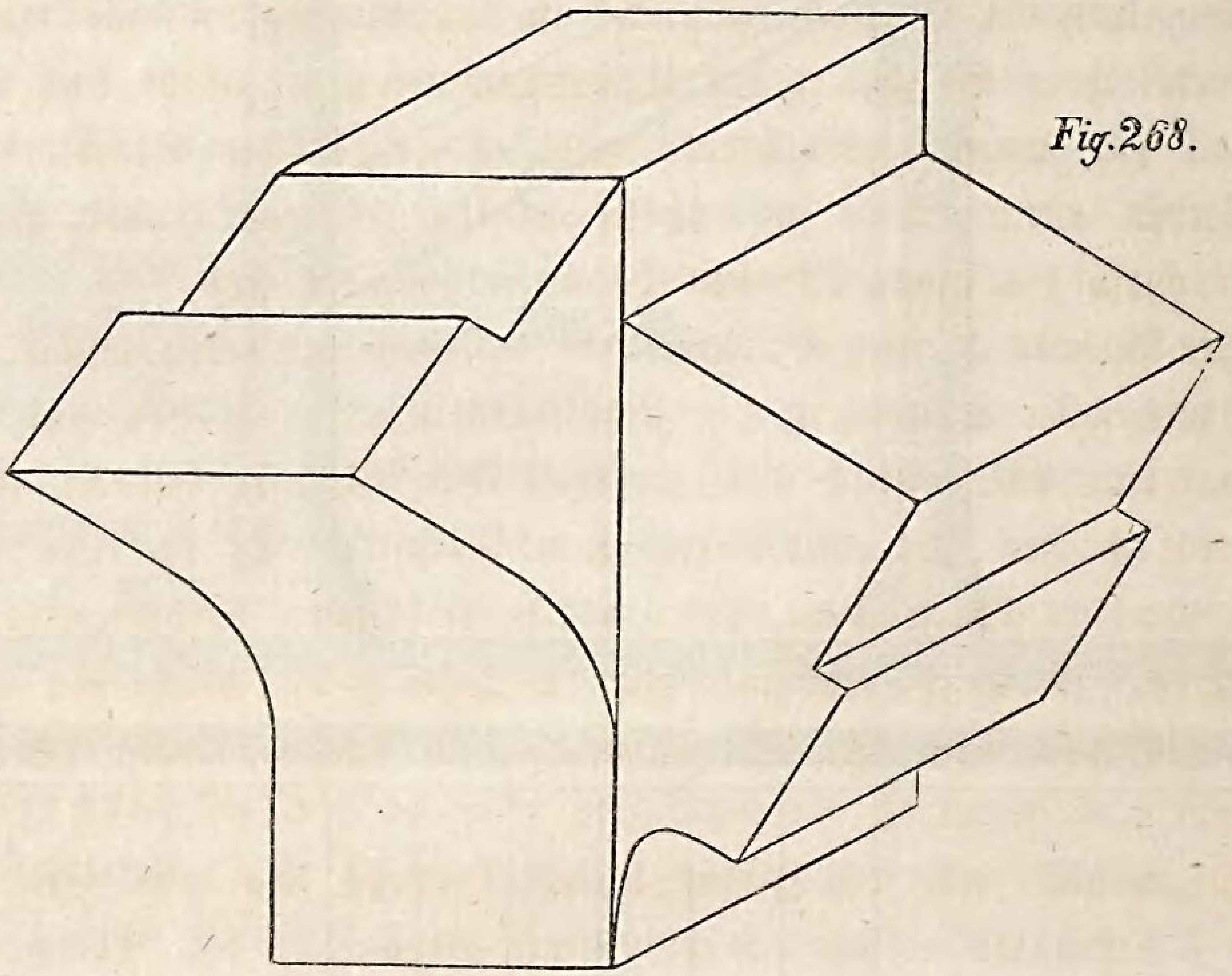


Fig. 268.

Wangen eingespannt sind. Die inneren Enden der Stufen werden in die Wangen sowohl, als auch in die unmittelbar auf den Stützpfeilern ruhenden geraden Aufsätze eingelassen, wie dieß bei den Freitreppen erwähnt wurde und bei allen Steintreppen mit Wangen der Fall ist; indem die Treppenwangen im Allgemeinen dazu dienen, einestheils das Verschieben der Stufen zu verhindern, anderntheils aber, und das hauptsächlich, um die Stufen an ihren Enden zu unterstützen. Gegen die auf den Stützpfeilern aa angebrachten Aufsätze b, welche sowohl für den aufsteigenden, als auch für den niedersteigenden Treppenarm die Anfänge sind, stoßen die geraden Wangenstücke mit rechtwinkelig auf ihrer Oberkante stehenden Fugenflächen stumpf an. Damit jedoch die zwischen die Aufsätze zweier Stützpfeiler eingespannten geraden Wangenstücke ein festes Auflager erhalten, welches dieselben gegen das Herabgleiten sichert, werden die Stoßfugen, mit Beibehaltung des rechten Winkels gegen die Ober- und Unterkante, auf die Hälfte ihrer Höhe mit einem Haken

versehen, so daß diese Fugen gebrochen erscheinen. Statt dieses Hakenverbandes die Stoßfugen nach einem unterhalb der bezüglichen Wangen gelegenen Punkte als Mittelpunkt eines scheitrechten Bogens centrisch zu führen, findet bei Wangen von solcher Länge, daß jede einzelne Wange aus mehreren Stücken zusammengesetzt werden muß, allgemeine Anwendung, bietet aber bei Wangen, welche aus einem Stück bestehen, keine Vortheile dar vor dem in unserem Beispiele angeführten Hakenverbande.

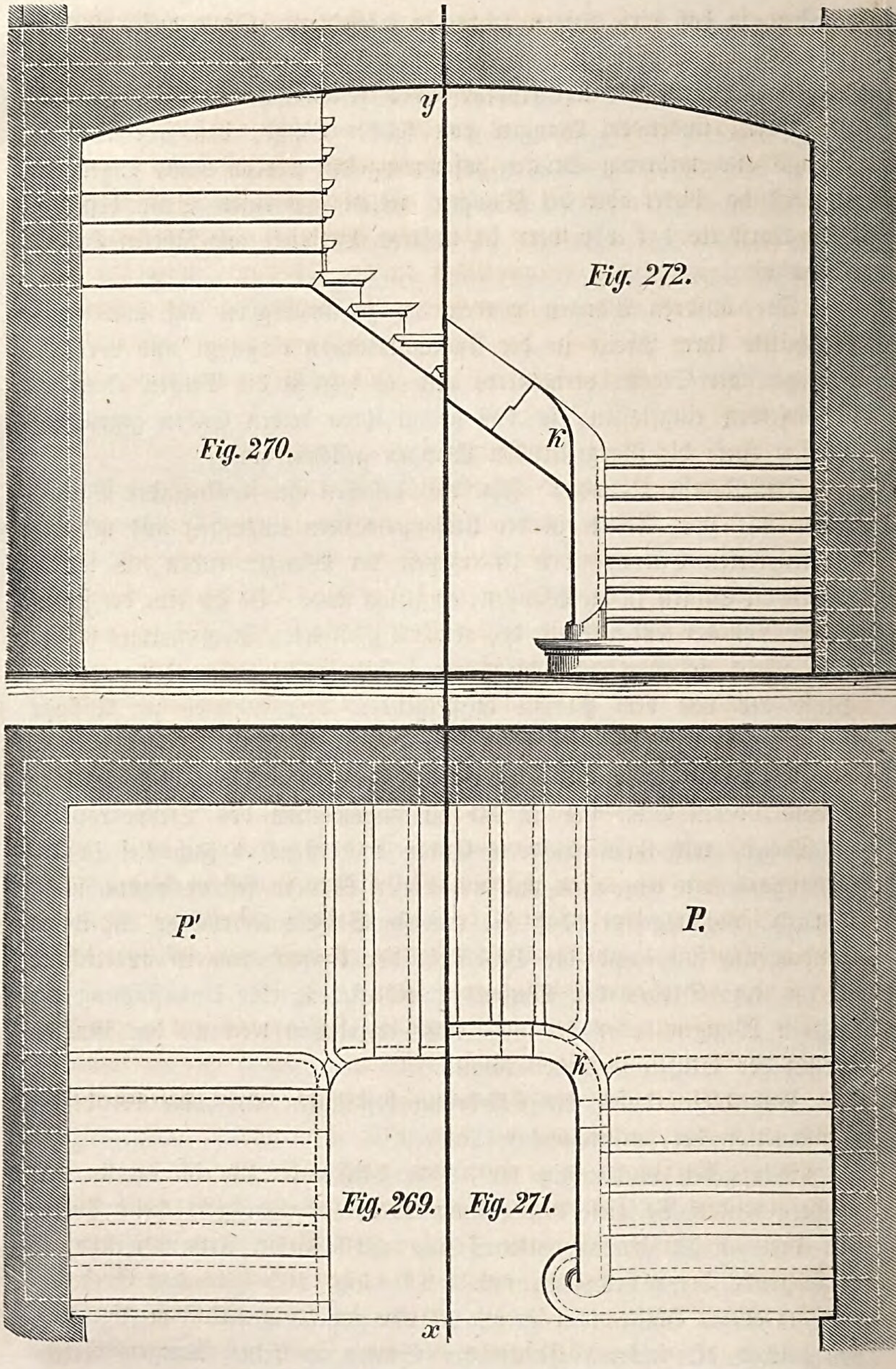
Die äußeren Wangen werden am zweckmäßigsten auf mindestens die Hälfte ihrer Breite in die Umfangsmauern eingesetzt und vor dem Einsetzen der Stufen vermauert, und es werden die Stufen ebenfalls in dieselben eingelassen, so daß sie an ihren beiden Enden gegen das Drehen durch die übergreifenden Wangen gesichert sind.

Die Podeste P und P′ Fig. 266 bestehen aus freiliegenden Platten welche mit zwei Seiten in die Umfangsmauern eingreifen und mit der inneren freien Ecke auf den Untersätzen der Wangen ruhen, in welche sie wie die Stufen in die Wangen, eingefügt sind. Da die eine der freien Seiten von der letzten Stufe des abwärts gerichteten Treppenarmes unterstützt wird, so liegt nur die hintere Seite frei, welche der untersten Stufe des von dem Podeste aufsteigenden Treppenarmes zur Auflage dient.

Wenn nicht nur die Podestplatten, sondern auch alle Stufen einer Treppe, deren Arme sich an die Umfangsmauern des Treppenraumes anschließen, mit ihren äußeren Enden mindestens 1 Fuß tief in die Umfangsmauern eingreifen und mit diesen Mauern fest verspannt sind; so wird, vorausgesetzt, daß die unterste Stufe unverrückbar auf ihrem Fundamente sitzt, und die Stabilität der Umfangsmauern ausreichend ist um dem Drehen der Stufen zu widerstehen, eine Unterstützung der inneren Wangen, oder wo diese nicht angebracht werden, der inneren Enden der Stufen wegfallen können.

Auf dieser durch die Erfahrung bestätigten Annahme beruht die Construction der frei tragenden Treppen.

Wir geben in den Fig. 269, 270, 271 und 272 eine der in dem vorhergehenden Beispiele besprochenen Treppe ähnliche gebrochene Treppe mit drei an den Umfangsmauern sich anschließendrn Armen, welche als freitragende Treppe construirt ist. Die Fig. 269 gibt den Grundriß von der oberen Hälfte dieser Treppe mit dem zugehörigen Aufriße Fig. 260, bei welcher die inneren Enden der Stufen in keine Wangen versetzt


y
Fig. 272.
K
Fig. 270.
P'
P.
k
Fig. 269.
Fig. 271.
x

sind, sondern sich ganz freitragen, so daß die benutzbare Breite der Treppe noch durch den auch an den Stufenenden angebrachten Vorsprung eines Gesimsgliedes vermehrt ist. Die sämmtlichen Stufen dieser Treppe sind mit den äußeren Enden, wie dieß punktirt eingezeichnet ist, um etwa den fünften Theil ihrer Länge in die Umfangsmauern eingelassen, und eben so tief greift die Podestplatte P′ Fig. 269 mit zwei ihrer Seiten in die Umfangsmauern ein. Die Stufen haben eine horizontale Ueberdeckung von der dem Vorsprunge des Gesimsgliedes an der Oberkante entsprechenden Breite, so daß das an den inneren Enden der Stufen sich wiederkehrende Gesimsglied durch die von der horizontalen Ueberdeckung rechtwinkelig gegen die untere eben bearbeitete Fläche geführte Versetzung nicht durchschnitten wird.

Die Fig. 271 stellt den Grundriß von der unteren Hälfte derselben Treppe mit dem zugehörigen Aufriß Fig. 272 dar, bei welcher wir angenommen haben, daß die inneren Stufenenden in eine Wange gefügt sind, während im Uebrigen die Treppe ebenso wie die in den Fig. 269 und 270 dargestellte obere Hälfte construirt ist. Die geraden Wangen werden an den Ecken, wo sie an der Podestplatte P Fig. 271 zusammentreffen, durch gekrümmte Wangenstücke K in Verbindung gesetzt, welche man Krümmlinge oder Kropfstücke nennt. Diese Krümmlinge werden cylindrisch geformt und können durch eine ansteigende Bewegung der senkrechten Schnittfläche der Wangen entstanden gedacht werden, wobei die Endpunkte des Rechtecks congruente Schraubenlinien bilden.

Die Begrenzung dieser Krümmlinge wird in der Regel durch einen Viertelskreis gebildet, dessen Mittelpunkt in dem Durchschnitte der nach innen verlängerten Vorderkanten der dem Podeste unmittelbar vorhergehenden Stufe des unteren und der dem Podeste zunächst folgenden ersten Stufe des oberen Treppenarmes liegt.

Die Stoßfugen der an den Krümmling sich anschließenden geraden Wangen werden durch Verstreckung bestimmt. Um dieses Verfahren, sowie das Heraustragen des Krümmlings behufs dessen Ausarbeitung deutlich zu machen, geben wir die Fig. 273, 274 und 275.

Um die Stoßfugen zu zeichnen und durch diese zugleich die Größe des Krümmlings zu bestimmen, trage man auf eine horizontale Linie AB Fig. 274 einige Auftritte der geraden Arme und die Breite der Auftritte von den Stufen, welche sich an den Krümmling anschließen, aus dem Grundriße Fig. 273 an, errichte in diesen Punkten Perpendikel, und trage an dem Perpendikel der ersten Stufe so viele Steigungen

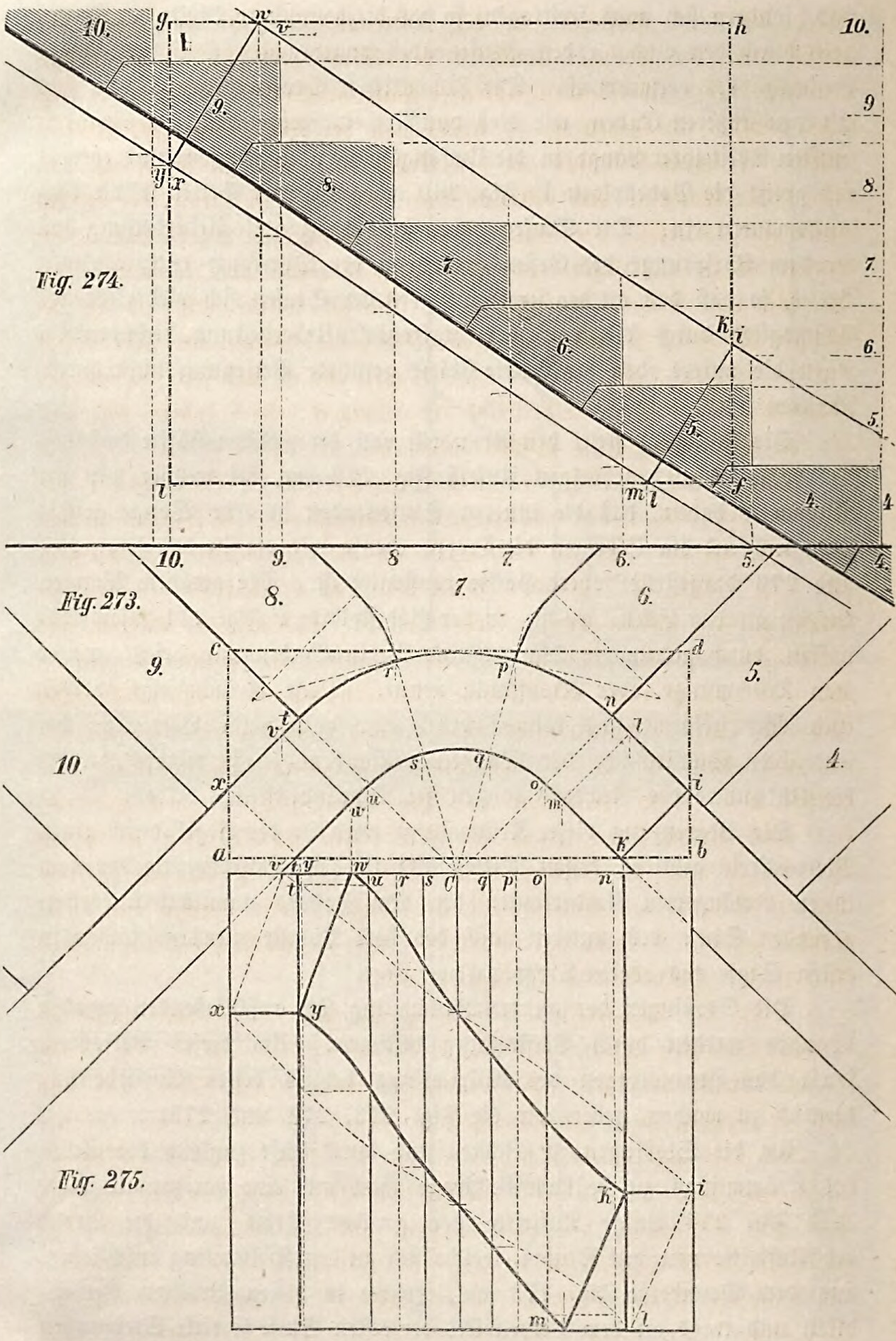


Fig. 274.

Fig. 273.

Fig. 275.

auf, als man Auftritte an der horizontalen Linie bezeichnet hat. Zieht man von den Theilpunkten der Steigungen bis zu den Perpendikeln der entsprechenden Auftritte Horizontallinien, wie dieß in Fig. 274 punktirt angegeben ist, so erhält man die Abwickelung der Stufenenden bei ihrem Anschluß an den Krümmling und die sich damit vereinigenden Wangen; und bestimmt man ferner den Vorsprung der Wange ober- und unterhalb der Stufen und zieht durch diese Punkte horizontale Linien bis zu den zugehörigen Auftritten, so erhält man die Abwickelung der Wange. Da die Auftritte 6, 7 und 8 kleiner sind als die der übrigen Stufen, so wird die Abwickelung der Wange von gebrochenen Linien begrenzt sein, deren Winkel man durch passende Kreisbogen abrundet, damit in der Oberfläche der Wangen beim Anschluß derselben an den Krümmling keine Brüche entstehen.

Wir haben in Fig. 273 angenommen, daß die Vorderkanten der Stufen 6 und 8, welche verlängert den Krümmling k in spitzen Winkeln schneiden würden, sich in Kreisbogen an den Krümmling anschließen. Um diese Bogen zu bestimmen, theilt man den Viertelkreis des Krümmlings in drei gleiche Theile, zieht von den Theilpunkten Radien und verlängert dieselben, bis sie die Vorderkanten der Stufen 6 und 8 schneiden. Trägt man die Entfernung der Schnittpunkte von dem Krümmling von diesen Schnittpunkten an die geraden Vorderkanten der Stufen an, zieht von den angetragenen Punkten Senkrechte gegen die Vorderkanten und ebenso Senkrechte von den Theilpunkten an dem Viertelskreis des Krümmlings gegen die von diesen Theilpunkten gezogenen Radien; so sind die Schnittpunkte dieser Senkrechten an den entsprechenden Stufen die Mittelpunkte der Bogen, mit welchen sich diese Stufen an den Krümmling anschließen, und zu welchen die zugehörigen Radien und Vorderkanten Tangenten sind.

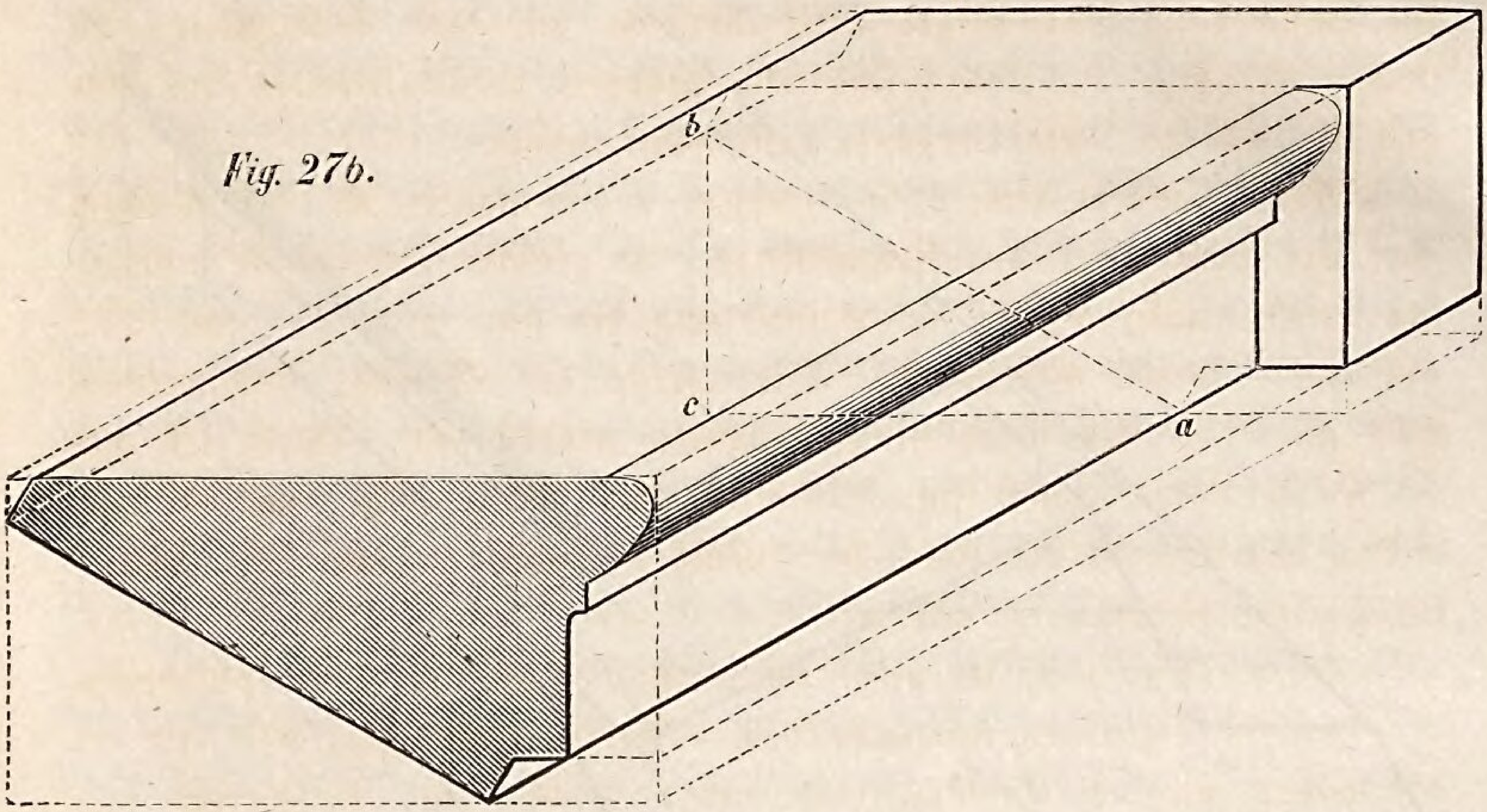
Sind die Stoßfugen der geraden Wangen, welche senkrecht gegen deren Oberkanten geführt werden, in der Abwickelung Fig. 274 so bestimmt, daß sie außerhalb des cylindrischen Krümmlings fallen, und sind diese Stoßfugen aus der Abwickelung entnommen und in den Grundriß Fig. 273 angetragen; so kann nun die Bearbeitung des Krümmlings nach zwei verschiedenen Verfahrungsarten vorgenommen werden. Das eine Verfahren, bei welchem man mit der geringsten Steinmasse ausreicht, haben wir bereits in unserer Abhandlung über die Freitreppen mit krummen Armen beschrieben; so daß wir, da die Krümmlinge als Wangenstücke von Treppen mit krummen Armen betrachtet werden können,

zur Vermeidung überflüssiger Wiederholung, auf diese Beschreibung, zu welcher die Fig. 263, 264 und 265 gehören, zurückverweisen und nur noch die andere Verfahrungsart betrachten wollen.

Dieses andere Verfahren, welches das einfachste ist, bei welchem aber zur Herstellung des Krümmlings eine größere Steinmasse verwendet werden muß, bedarf bei Betrachtung der Fig. 273, 274 und 275 nur einer kurzen Erklärung. Die Größe des Steins, aus welchem nach Fig. 275 der Krümmling bearbeitet werden soll, ergiebt sich aus der Horizontalprojection Fig. 273 a b c und dessen Höhe aus der senkrechten Entfernung der durch die äußersten Punkte in Fig. 274 geführten Horizontalebenen ef und gh.

Wird nun nach der aus dem Grundriß Fig. 273 zu entnehmenden Lagerschablone ein normales hohles Cylinderstück Fig. 275 mit der beiderseitig geraden Verlängerung ausgearbeitet, und es werden auf diesem die in Fig. 274 gezogenen Perpendikel als Mantellinien vorgezeichnet, und auf diesen Perpendikeln die Punkte, wo dieselben die Wangenlinien schneiden, durch Abmessung aus der Verstreckung Fig. 274 bestimmt; so werden diese Punkte durch ein biegsames Lineal zusammengezogen und darnach die Kantenlinien der Wangen vorgezeichnet. Diese Vorzeichnung der Kantenlinien wird sowohl auf der convexen, als auch auf der concaven Fläche des Cylinderstücks vorgenommen, und es wird alsdann nach dieser Vorzeichnung die obere und untere Fläche so bearbeitet, daß die in Fig. 275 punktirt eingezeichneten Verbindungslinien zweier in einer äußeren und inneren Kante gelegenen Schnittpunkte von Perpendikeln, welche einem centrischen Schnitte im Grundriß Fig. 373 zugehören, gerade Linien bilden, die als erzeugende Linien der Schraubenfläche zu betrachten sind, welche die zugehörige obere oder untere Fläche des Krümmlings bildet. In Bezug auf die Bearbeitung der Stufen von freitragenden Treppen müssen wir noch bemerken, daß die untere Fläche der Stufen nur so weit nach der mit der Oberkante der Stufen parallelen ansteigenden Ebene bearbeitet wird, als die Stufen vor die Umfangsmauern treten. Die in die Umfangsmauern eingefügten Stufenenden werden nach der in Fig. 276 dargestellten perspectivischen Ansicht einer solchen Stufe, deren inneres Stirnende schraffirt ist, als Rechtecke bearbeitet, deren Höhe der Gesammthöhe und deren Breite der Gesammtbreite der Stufen entspricht. An der unteren Lagerfläche der rechtwinkelig bearbeiteten Stufenenden wird die horizontale Ueberdeckung, sowie die Stoßfläche der Versetzung ebenfalls angearbeitet; sowie denn

Fig. 276.

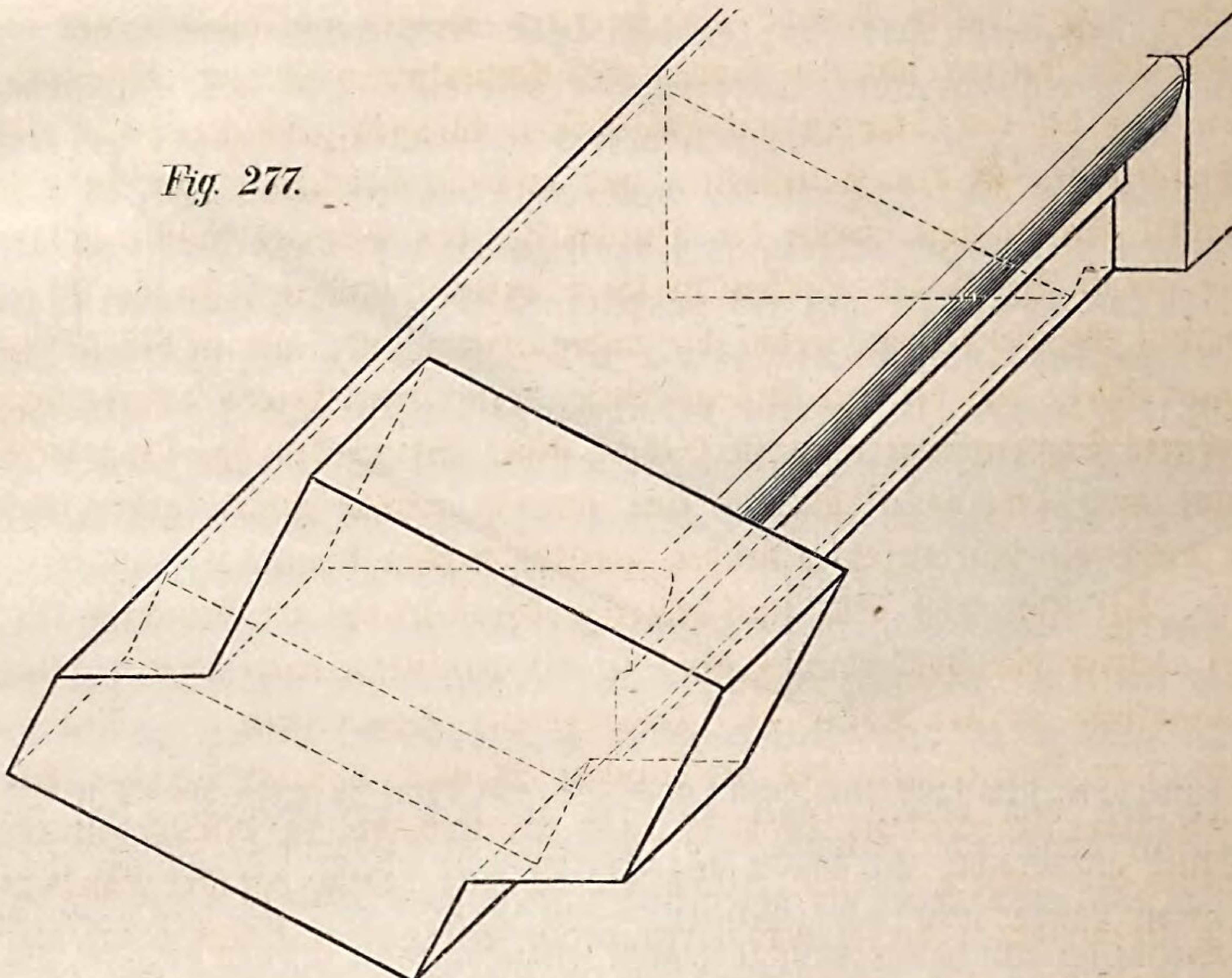


auch von dem oberen Lager aus die an dem vortretenden Theil der Stufe angebrachte Stoßfläche angearbeitet wird, damit die Stufen ihrer ganzen Länge nach sich gegenseitig unterstützen. Wie auf der vorderen Seite des in die Umfangsmauern eingefügten Stufenendes die durch das Profil des freiliegenden Theiles nicht gedeckte Fläche als zur Ansicht der Umfangsmauer gehörig bearbeitet wird, so ist dieß auch auf der hinteren Seite der Fall, wo die sichtbare senkrechte Fläche das Dreieck abc bildet.

Bei den inneren freitragenden Treppen mit Wangen kommt es zuweilen vor, daß die Wangen nicht durch besondere für sich bestehende Steine gebildet werden, sondern daß dieselben Bestandtheile der Stufen bilden und aus so vielen Stücken bestehen, als die Treppe Stufen hat. Jede Stufe ist mit dem ihr zugehörigen Theile der Wange aus einem Stücke gearbeitet.

Aus der perspectivischen Ansicht Fig. 277 einer Stufe mit dem dazu gehörigen Theile der mit der Stufe aus einem einzigen Steine bestehenden Wange wird ersehen werden können, wie die gebrochenen Stoßfugen der Wangenstücke derartiger Treppen angeordnet werden; ebenso daß die Ausführung nur mit einem bedeutenden Aufwand von Material ermöglicht werden kann, indem jede Stufe aus einem Steine bestehen muß, welcher ein um das zugehörige Wangenstück beschriebenes Rechteck zum senkrechteu Durchschnitte hat. Bei Treppen mit geraden Armen wäre diese Verschwendung an Material und Arbeit nicht zu

Fig. 277.



rechtfertigen, wohl aber bei gewundenen Treppen mit krummen Armen, wo zuweilen die Windung einen hohlen Raum von geringem Durchmesser umschließt.

Wird die gewundene Treppe dadurch, daß die Windung aus einem vollen Kreis, oder einer anderen geschlossenen Curve besteht, zur Wendeltreppe, so umschließt entweder die innere Wange einen hohlen Raum, oder es fehlt ein innerer hohler Raum und es tritt an die Stelle der inneren Wange ein voller Pfosten, welcher entweder durch die Enden der Stufen gebildet wird, oder es ist ein besonderer Pfosten, in welchen die Enden der Stufen eingesetzt sind.

Der volle Pfosten wird Spindel oder Mönch und die innere Wange einer um einen hohlen Raum angelegten Wendeltreppe wird die hohle Spindel oder der hohle Mönch genannt. Hieraus geht hervor, was wir unter einer Treppe mit hohler Spindel und unter einer Treppe mit vollem Mönch zu verstehen haben.

Bei den Treppen mit hohler Spindel wird in der Regel die Spindel nicht für sich als eine besondere Wange aufgestellt, sondern es wird die Spindel mit an das innere Ende der Stufen, ähnlich wie wir dieß in Fig. 277 für Treppen mit geraden Armen angegeben haben, angear-

beitet. Die vollen Mönche als besondere Pfosten aufzustellen und in diese die inneren schmalen Enden der Wendelstufen ähnlich einzufügen, wie dieß bei den Treppen mit aufgestellten Wangen geschieht, gehört bei Steintreppen zu den Seltenheiten und erscheint überhaupt nur in den Fällen gerechtfertigt, wenn der Durchmesser des Mönches größer ist als die größte Breite der Stufen an ihren äußeren Enden. In der Regel werden Wendeltreppen, welche die unbequemsten sind, nur in den Fällen angeordnet, wo der zur Anlage einer bequemeren Treppe erforderliche größere Treppenraum nicht zu Gebote steht, und ist dem so, dann wird man auch dem vollen Mönche eine nur so geringe Stärke geben, daß er durch die inneren Stufenenden gebildet werden kann.

Die Fig. 278 stellt eine derartige Wendeltreppe im Grundriß dar, bei welcher die Vorderkanten der, an der punktirt eingezeichneten Windungslinie in der Hälfte der Treppenbreite eingetheilten 12 Stufen, nach dem Mittelpunkte des kreisrunden Mönchs a geführt sind. Die horizontale Ueberdeckung ist gleich breit angenommen, so daß die Hinterkanten der unteren Stufen, welche wir punktirt haben, parallel sind mit den Vorderkanten der nächsthöherliegenden Stufen. Da jede Stufe an dem schmalen Ende zugleich den ihrer Höhe entsprechenden Theil des cylindrischen Mönchs bildet, wie aus Fig. 279, welche die perspectivische Ansicht einer Stufe von der Rückseite gibt, und aus Fig. 280, welche die vordere Ansicht zweier aufeinander gelegten Stufen darstellt, zu ersehen ist; so können außerdem noch die, mit ihren äußeren breiten Enden in die Umfangsmauern eingesetzten Stufen als unverschiebbar betrachtet werden und bedürfen deßhalb einer besonderen Versetzung an der Hinterkante der horizontalen Ueberdeckung nicht. Daß die in die Umfangsmauern eingreifenden breiten Enden der Stufen rechteckig bearbeitet werden, geht aus dem, was wir bereits über die Construction der Freitreppen im Allgemeinen gesagt haben, hervor. Wir haben der Deutlichkeit wegen in den Fig. 279 und 280 die breiten Enden der Stufen mit Weglassung des in die Umfangsmauern eingreifenden, rechteckigen Theiles dargestellt und als Durchschnitt schraffirt.

Wir fügen diesem Beispiele einer Wendeltreppe mit vollem Mönche, deren einfache Construction nach Ansicht der Fig. 278, 279 und 280 keiner weiteren Erläuterung bedarf, noch die Bemerkung hinzu, daß die von uns angenommene Richtung der Vorderkanten der Stufen nicht geradezu unbedingt beibehalten werden muß. Bei den Wendeltreppen mit vollem Mönch finden wir zuweilen die Vorderkanten der Stufen

Fig. 279.

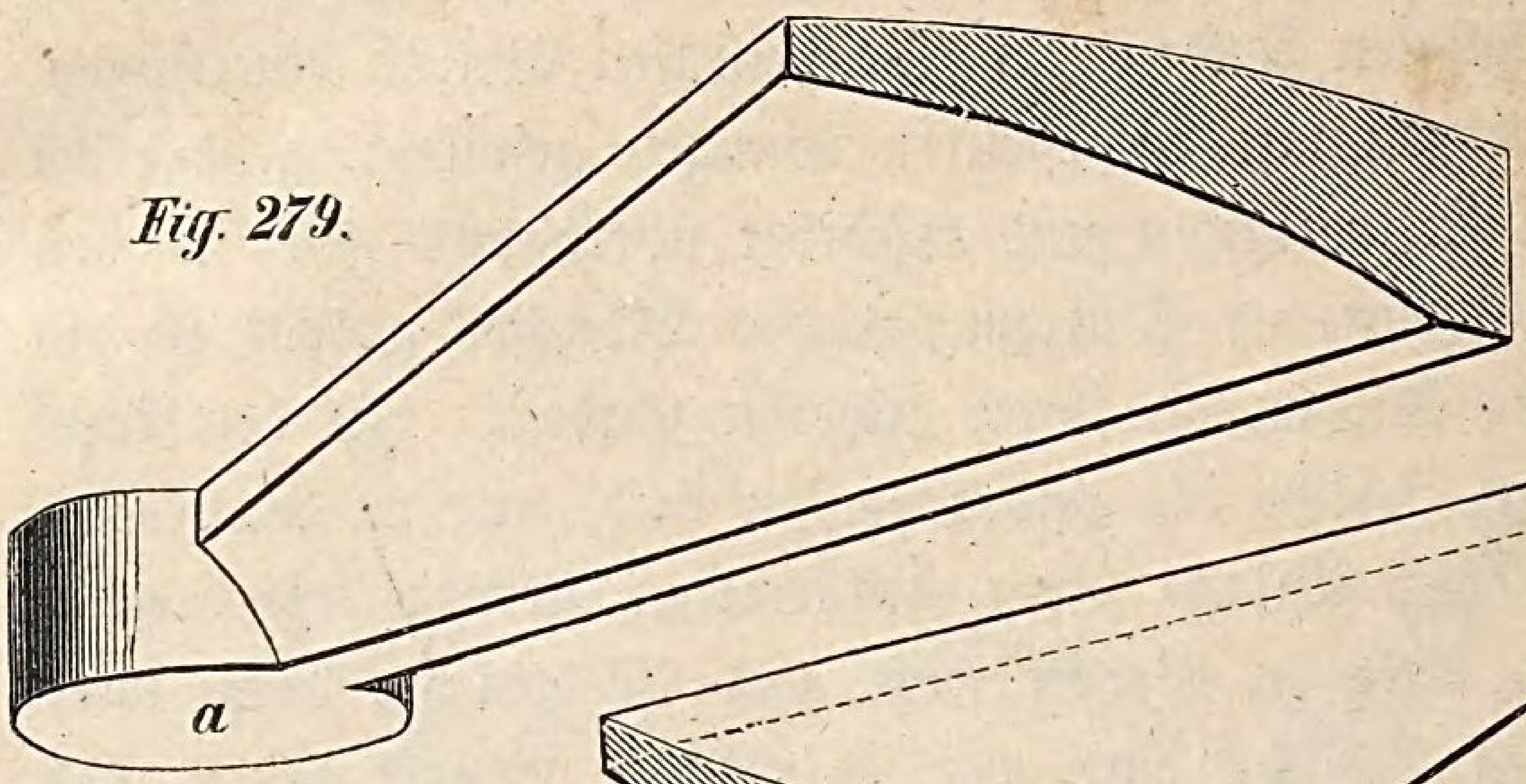


Fig. 280.

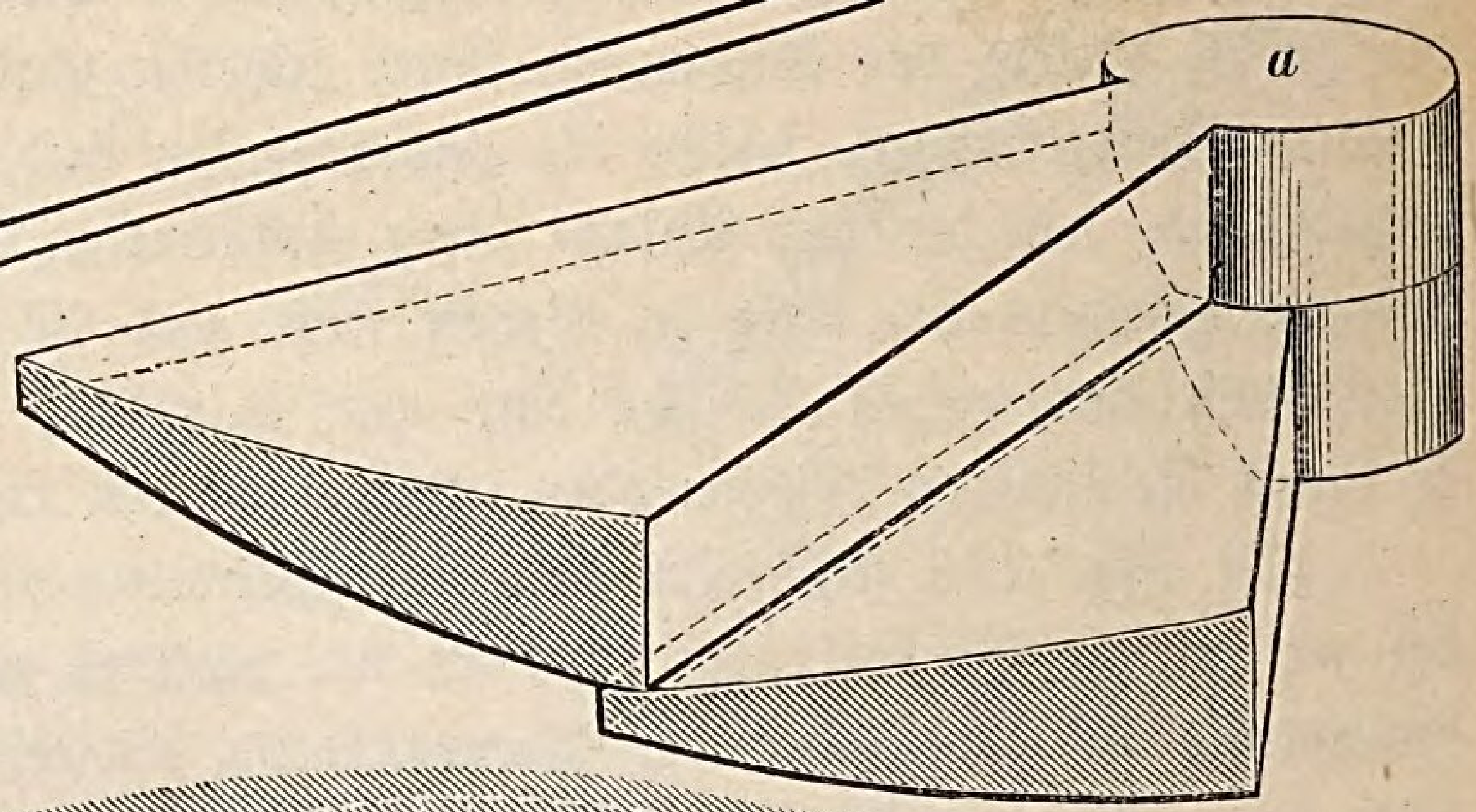
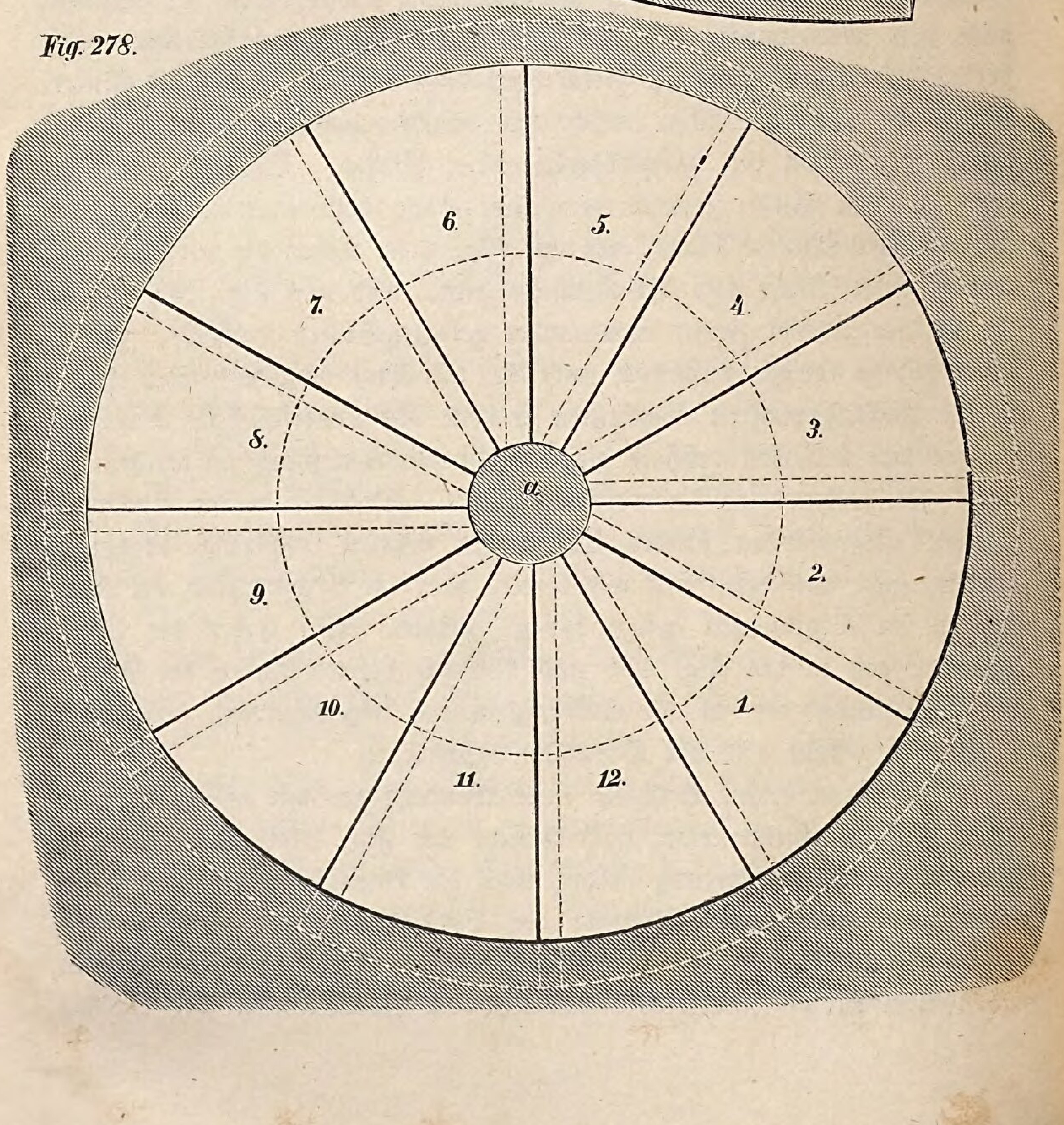


Fig. 278.



von den Theilpunkten an der mittleren Windungslinie so geführt, daß sie zu dem Kreise des Mönchs an der Vorderkannte Tangenten bilden. Wir vermögen nicht, in dieser abweichenden Anordnung irgend etwas zu ihrer Empfehlung Gereichendes zu entdecken. Wenn wir auch gern geneigt sind, bei den Constructionen Abweichungen von allgemein gültigen, aus der Eigenthümlichkeit des Materials hervorgegangenen Regeln zu entschuldigen, wenn damit, wie in diesem Falle, kein Nachtheil verbunden ist; so sprechen wir doch unsere Meinung dahin aus, daß wir die Mittheilung von Constructionen, deren abweichende Behandlung nicht unwiderlegbar begründet ist, als Beispiele in Lehrbüchern, gelinde gesagt, als ein nicht zu entschuldigendes Versehen betrachten müssen, um so geeigneter den Schüler irre zu führen, je größer sein Vertrauen auf die Unfehlbarkeit des Verfassers.

Druck von C. W. Leske in Darmstadt.

Harres, B.

<<Die>> Schule des Steinmetzen ein praktisches Hand- und Hülfsbuch für Architekten und Bauhandwerker, sowie für Bau- und Gewerbschulen

Leipzig 1857